

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

24.10.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

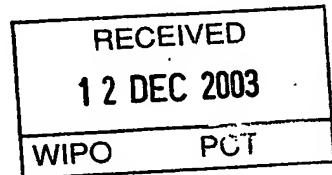
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 3月 28日

出願番号
Application Number: 特願 2003-092235

[ST. 10/C]: [JP 2003-092235]

出願人
Applicant(s): キヤノン株式会社

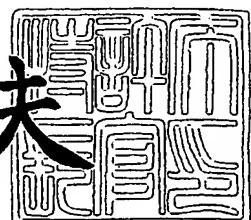


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 253763
【提出日】 平成15年 3月28日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 C08G 63/02
【発明の名称】 側鎖にフェニルスルフィニル構造及び／或いはフェニルスルホニル構造を有するユニットを分子中に含む新規なポリヒドロキシアルカノエート共重合体、及びそれらの製造方法
【請求項の数】 18
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 矢野 哲哉
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 本間 務
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 見目 敬
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 三原 知恵子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

【氏名】 福井 樹

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088328

【弁理士】

【氏名又は名称】 金田 暢之

【電話番号】 03-3585-1882

【選任した代理人】

【識別番号】 100106297

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 克博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106138

【弁理士】

【氏名又は名称】 石橋 政幸

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-309785

【出願日】 平成14年10月24日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 089681

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705032

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

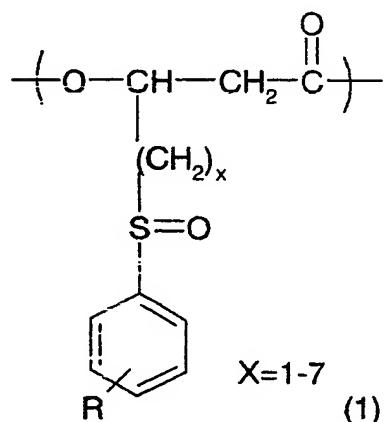
【発明の名称】 側鎖にフェニルスルフィニル構造及び／或いはフェニルスルホニル構造を有するユニットを分子中に含む新規なポリヒドロキシアルカノエート共重合体、及びそれらの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下記化学式(1)、(2)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも 1 種類のユニットと、下記化学式(3)～(6)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも 1 種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むことを特徴とするポリヒドロキシアルカノエート共重合体。

ここで、化学式(1)は：

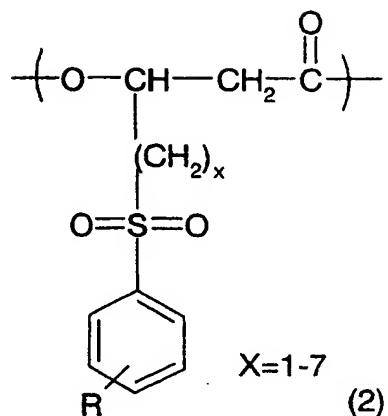
【化 1】



(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルフィニル)アルカン酸ユニットであり、

化学式(2)は：

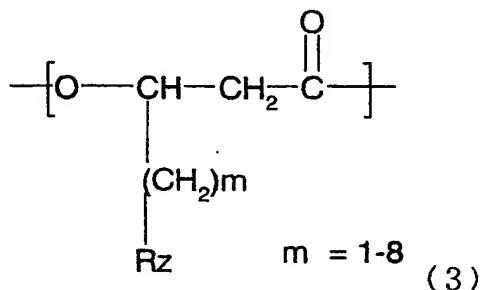
【化2】



(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルホニル)アルカン酸ユニットであり、

化学式(3)は：

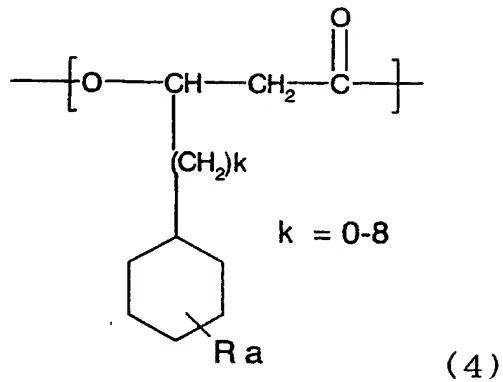
【化3】



(mは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；R_zはフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる；複数のユニットが存在する場合、mおよびR_zは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)に示されたユニットであり、

化学式(4)は：

【化4】

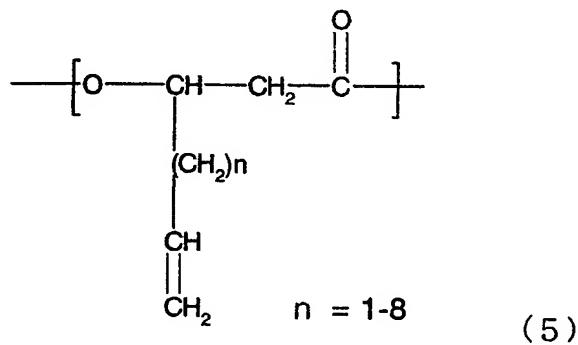


(式中、 R_a はシクロヘキシル基への置換基を示し、 R_a はH原子、CN基、NO₂基、ハロゲン原子、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、kは化学式中に示した範囲から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -シクロヘキシルアルカン酸ユニットであり、

化学式(5)は：

【化5】

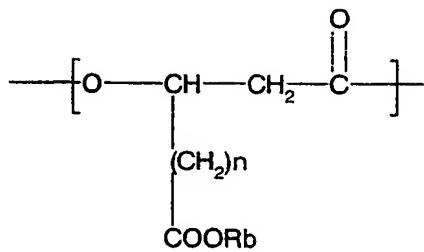


(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットであり、

化学式(6)は：

【化6】



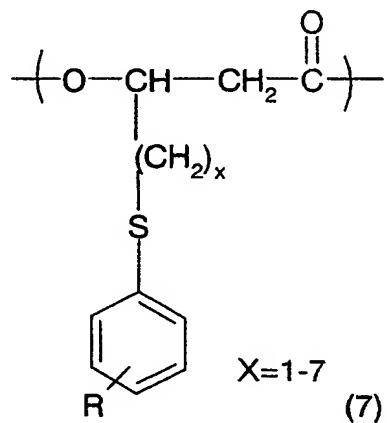
$$n = 1-8 \quad (6)$$

(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；R_bは、H原子、Na原子またはK原子である；複数のユニットが存在する場合、nおよびR_bは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -カルボキシアルカン酸ユニットである。

【請求項2】 化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットの少なくとも1種類をポリマー分子中にさらに含む、請求項1に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体。

【化7】

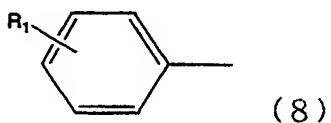


(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₂-C₂H基または(CH₃)₂-C₃H₇基)

3) 3-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

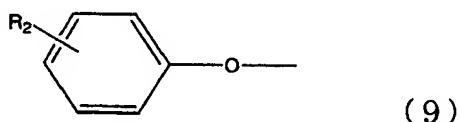
【請求項3】 前記化学式(3)におけるR₂、即ちフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基が、下記化学式(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)および(15)のいずれかであり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す、請求項1または2に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体。

【化8】



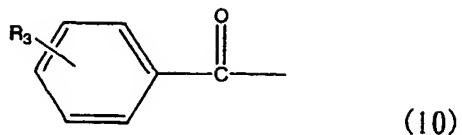
(式中、R₁は芳香環への置換基を示し、R₁はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR' (フェニル基のパラの位置につく場合を除く。また、R':H、Na、およびKのいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CH=CH₂基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【化9】



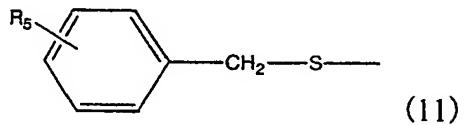
(式中、R₂は芳香環への置換基を示し、R₂はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、SCH₃基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【化10】



(式中、R₃は芳香環への置換基を示し、R₃はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【化11】

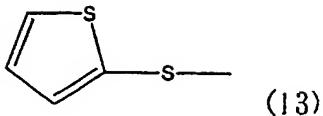


(式中、R₅は芳香環への置換基を示し、R₅はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

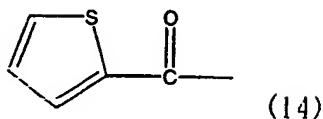
【化12】



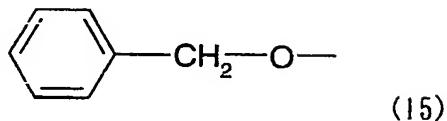
【化13】



【化14】



【化15】



【請求項4】 数平均分子量が1000から1000000の範囲である請求項1～3のいずれかに記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体。

【請求項5】 下記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、下記化学式(17)～(19)で示す化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種を含む条件下で、

化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、化学式(17)～(19)で示す化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種を原料として、

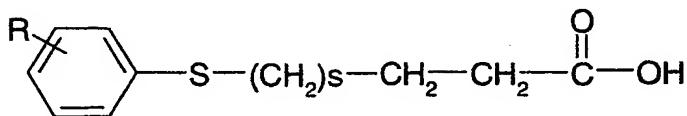
下記化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニット、下記化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を生産する能力を有する微生物により生合成させること

を特徴とする、化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)ア

ルカン酸ユニットと、化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

ここで、化学式(16)は：

【化16】



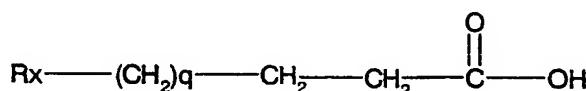
$$s=1-7 \quad (16)$$

(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、sは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

で示され、

化学式(17)は：

【化17】



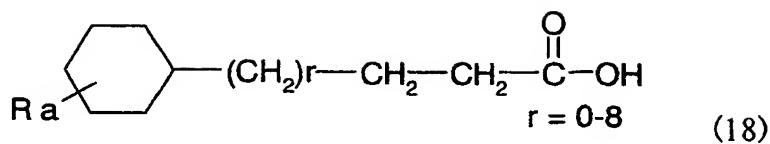
$$q=1-8 \quad (17)$$

(qは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rxはフェニル構造、或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる)

で示され、

化学式(18)は：

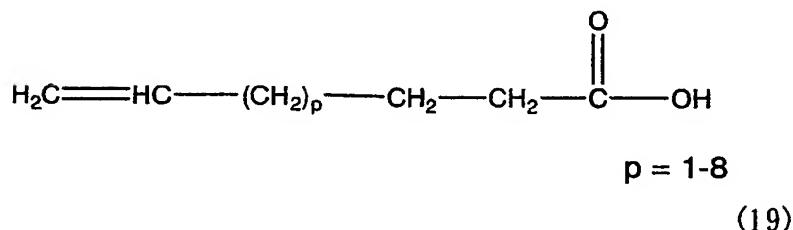
【化18】



(式中、 R_a はシクロヘキシル基への置換基を示し、 R_a はH原子、CN基、NO₂基、ハロゲン原子、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、rは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である)
で示す ω -シクロヘキシルアルカン酸であり、

化学式(19)は：

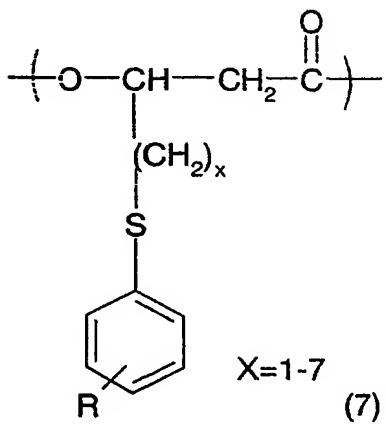
【化19】



(pは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である)
で示す ω -アルケン酸であり、

化学式(7)は：

【化20】

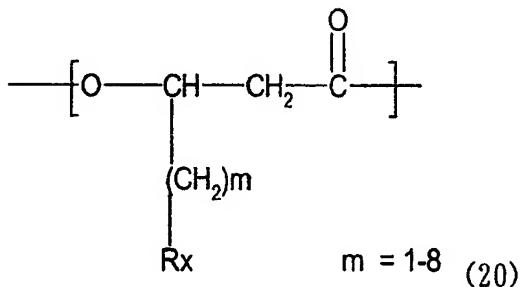


(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

で示され、

化学式(20)は：

【化21】

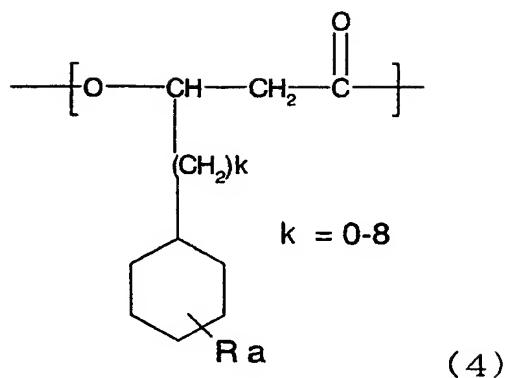


(mは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rxはフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる；複数のユニットが存在する場合、mおよびRxは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

で示され、

化学式(4)は：

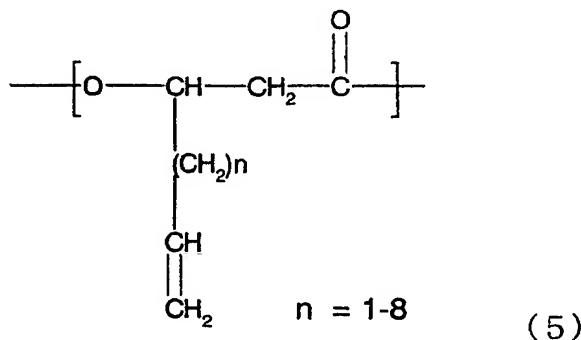
【化22】



(式中、 R_a はシクロヘキシル基への置換基を示し、 R_a はH原子、CN基、NO₂基、ハロゲン原子、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、kは化学式中に示した範囲から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -シクロヘキシルアルカン酸ユニットであり、化学式(5)は：

【化23】



(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットである。

【請求項6】 化学式(20)及び(17)におけるRx、即ちフェニル構造、チエニル構造を有する残基が、化学式(21)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)および(15)のいずれかで示される残基の少なくとも1種であって、

化学式(20)で示されるユニットが複数存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す、請求項5に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

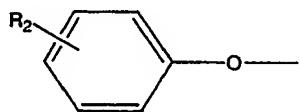
【化24】



(21)

(式中、R_cは芳香環への置換基を示し、R_cはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CH=CH₂基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

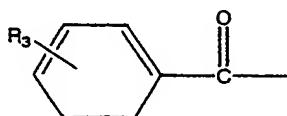
【化25】



(9)

(式中、R₂は芳香環への置換基を示し、R₂はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、SCH₃基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【化26】

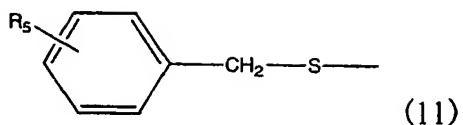


(10)

(式中、R₃は芳香環への置換基を示し、R₃はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す

。)

【化27】

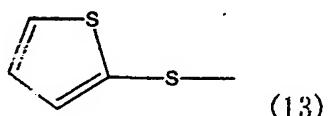


(式中、R₅は芳香環への置換基を示し、R₅はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

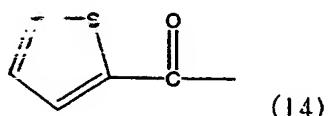
【化28】



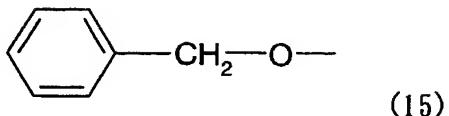
【化29】



【化30】



【化31】



【請求項7】 前記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、前記化学式(17)～(19)で示された化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種の双方を少なくとも含む培地中で前記微生物を培養する、請求項5または6に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

【請求項8】 前記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、前記化学式(17)～(19)で示された化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種に加えて、ペプチド類、酵母エキス、有機酸或いはその塩、アミノ酸或いはその塩、糖類、炭素数4から12の直鎖アルカン酸或いはその塩のうちの少なくとも1種類を含む培地中で、前記微生物を培養する請求項7に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

【請求項9】 前記微生物の培養において、培地中に含有されるペプチド類がポリペプトンであり、

また、培地中に含有される有機酸或いはその塩が、ピルビン酸、オキサロ酢酸、クエン酸、イソクエン酸、ケトグルタル酸、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸、乳酸、あるいはこれらの塩からなる群より選択される1つ以上の化合物であり、

また、培地中に含有されるアミノ酸或いはその塩が、グルタミン酸、アスパラギン酸、或いはこれらの塩からなる群より選択される1つ以上の化合物であり、

また、培地中に含有される糖類として、グリセロアルデヒド、エリトロース、アラビノース、キシロース、グルコース、ガラクトース、マンノース、フルクトース、グリセロール、エリトリトール、キシリトール、グルコン酸、グルクロン酸、ガラクツロン酸、マルトース、スクロース、ラクトースからなる群より選択される1つ以上の化合物である

請求項8に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

【請求項10】 前記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、前記化学式(17)～(19)で示された化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種とを含む培地中で前記微生物を培養し、前記微生物が產生した、前記化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットと、前記化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を微生物細胞から回収する工程を有する請求項5～9のいずれかに記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

【請求項11】 前記微生物として、シュードモナス(*Pseudomonas*)属に属する微生物を用いることを特徴とする請求項5～10のいずれかに記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

【請求項12】 前記微生物として、シュードモナス・チコリアイYN2株(*Pseudomonas cichorii* YN2; FERM BP-7375)、シュードモナス・チコリアイH45株(*Pseudomonas cichorii* H45; FERM BP-7374)、シュードモナス・ジェッセニイP161株(*Pseudomonas jessenii* P161; FERM B P-7376)のいずれか1つ以上の株を用いる請求項11に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

【請求項13】 下記化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットと、下記化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を原料として、

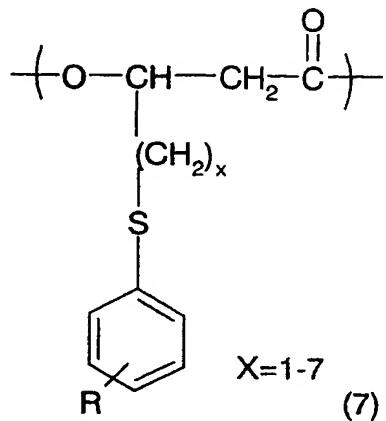
少なくとも化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットの酸化により、かつ、原料のユニット組成に依存して化学式(20)に示すユニットもしくは化学式(5)に示す3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットの酸化が同時になされることにより、

下記化学式(1)、(2)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットと、下記化学式(3)～(6)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むことを

特徴とするポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

ここで、化学式(7)は：

【化32】

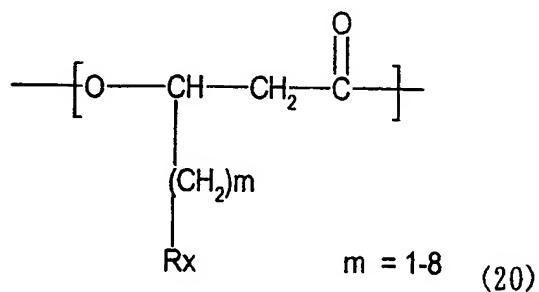


(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

で示され、

化学式(20)は：

【化33】



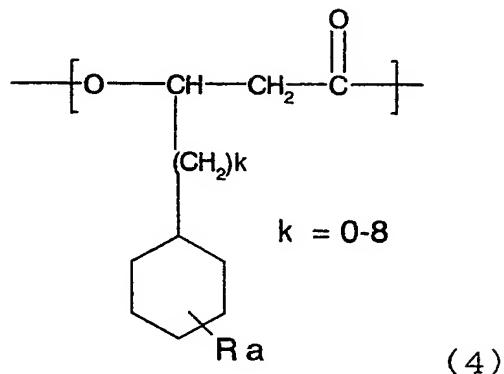
(mは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rxはフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる；複数のユニット

が存在する場合、mおよびRxは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

で示され、

化学式(4)は：

【化34】

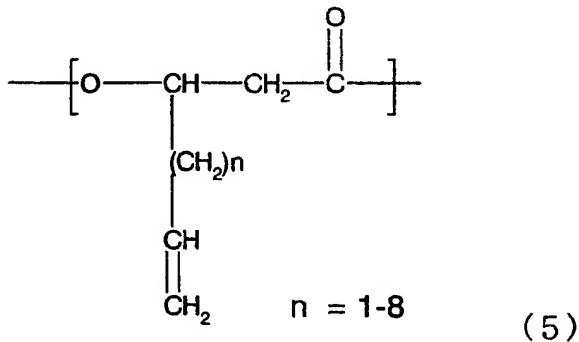


(式中、Raはシクロヘキシル基への置換基を示し、RaはH原子、CN基、NO₂基、ハロゲン原子、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、kは化学式中に示した範囲から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -シクロヘキシルアルカン酸ユニットであり、

化学式(5)は：

【化35】

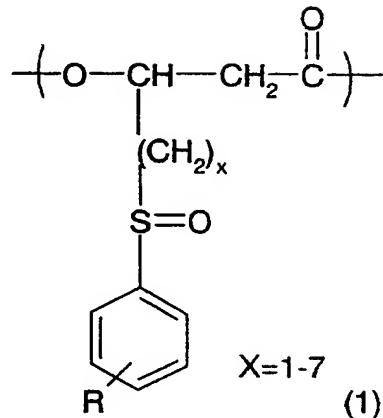


(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットであり、

化学式(1)は：

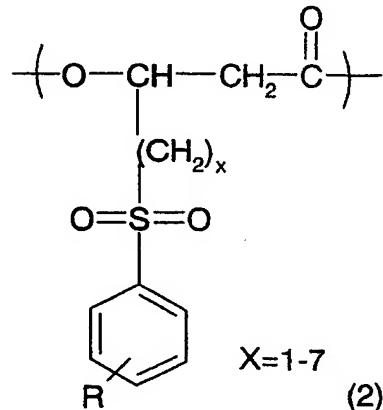
【化36】



(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルフィニル)アルカン酸ユニットであり、

化学式(2)は：

【化37】

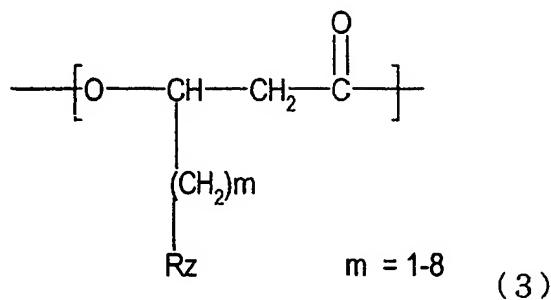


(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルフィニル)アルカン酸ユニットであり、

O₂基、COOR'、SO₂R''(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R'':OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルホニル)アルカン酸ユニットであり、

化学式(3)は：

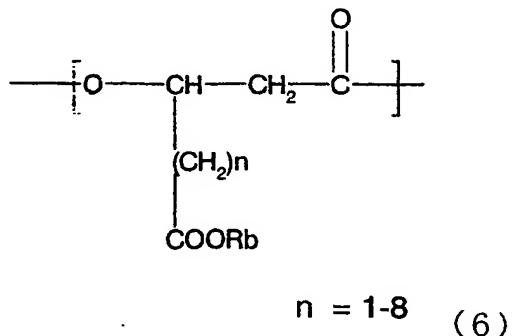
【化38】



(mは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rzはフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる；複数のユニットが存在する場合、mおよびRzは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)に示されたユニットであり、

化学式(6)は：

【化39】



(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rbは、H原子、Na原

子またはK原子である；複数のユニットが存在する場合、nおよびR_bは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -カルボキシアルカン酸ユニットである。

【請求項14】 前記、化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットと、化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体が、請求項5～12のいずれかに記載の方法で製造されたことを特徴とする、請求項13に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

【請求項15】 該酸化方法として、過マンガン酸塩、重クロム酸塩、過ヨウ素酸塩、過酸化水素、過炭酸ナトリウム、メタクロロ過安息香酸、過蟻酸、過酢酸からなる群より選択される一つ以上の選ばれる酸化剤を用いて、酸化処理を行う請求項13または14に記載の製造方法。

【請求項16】 該酸化方法として、酸化剤として過マンガン酸塩を用いて、酸性条件下で酸化処理を行う請求項15に記載の製造方法。

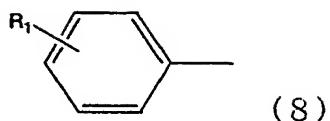
【請求項17】 該酸化方法として、オゾンを用いる請求項13または14に記載の製造方法。

【請求項18】 前記化学式(3)におけるR₂、即ちフェニル構造、チエニル構造を有する残基が、
化学式(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)および(15)のいずれかで示される残基の少なくとも1種であって、化学式(3)で示されるユニットが複数存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、

更には、前記化学式(17)及び(20)におけるR_x、即ちフェニル構造、チエニル構造を有する残基が、

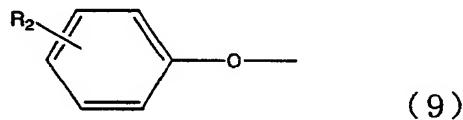
化学式(21)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)および(15)のいずれかで示される残基の少なくとも1種であって、化学式(20)で示されるユニットが複数存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す、請求項13～17のいずれかに記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法。

【化40】



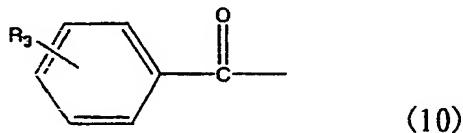
(式中、R₁は芳香環への置換基を示し、R₁はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'（フェニル基のパラの位置につく場合を除く。また、R':H、Na、およびKのいずれかを表す）、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CH=CH₂基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。）

【化41】



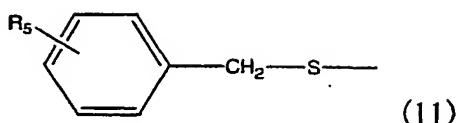
(式中、R₂は芳香環への置換基を示し、R₂はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、SCH₃基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。）

【化42】



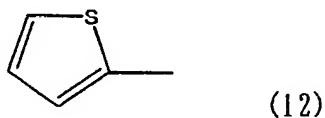
(式中、R₃は芳香環への置換基を示し、R₃はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。）

【化43】

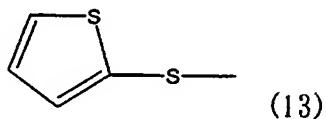


(式中、R₅は芳香環への置換基を示し、R₅はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

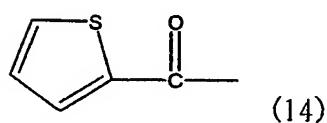
【化44】



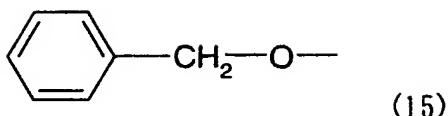
【化45】



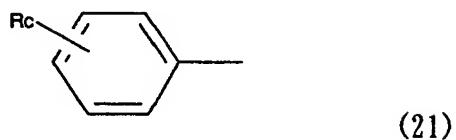
【化46】



【化47】



【化48】



(式中、Rcは芳香環への置換基を示し、RcはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CH=CH₂基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、新規なユニットを含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体と、微生物を利用するその前駆体の製造方法ならびに該前駆体の酸化による目的共重合体の製造方法に関する。

【0002】

【背景技術】

これまで、多くの微生物がポリ-3-ヒドロキシ酪酸(PHB)あるいはその他のPHAを生産し、菌体内に蓄積することが報告してきた(非特許文献1：「生分解性プラスチックハンドブック」, 生分解性プラスチック研究会編, (株)エヌ・ティー・エス, P178-197(1995))。これらのポリマーは従来のプラスチックと同様に、溶融加工等により各種製品の生産に利用することができる。さらに、生分解性であるがゆえに、自然界で微生物により完全分解されるという利を有しており、従来の多くの合成高分子化合物のように自然環境に残留して汚染を引き起こ

すことがない。また、生体適合性にも優れており、医療用軟質部材等としての応用も期待されている。

【0003】

このような微生物産生P H Aは、その生産に用いる微生物の種類や培地組成、培養条件等により、様々な組成や構造のものとなり得ることが知られており、これまで主に、P H Aの物性の改良という観点から、このような組成や構造の制御に関する研究がなされてきた。

【0004】

[1]まず、3-ヒドロキシ酪酸(以下、3 H Bと略す)をはじめとする比較的簡単な構造のモノマーユニットを重合させたP H Aの生合成としては、次のものが挙げられる。

【0005】

(a) 3 H Bと3-ヒドロキシ吉草酸(以下3 H V)を含むもの

特許文献1～3(特公平6-15604号公報、特公平7-14352号公報、特公平8-19227号公報)、他；

特許文献4(特開平5-7492号公報)

(b) 3 H Bと3-ヒドロキシヘキサン酸(以下3 H H x)を含むもの

特許文献5～6(特開平5-93049号公報、及び特開平7-265065号公報)

(c) 3 H Bと4-ヒドロキシ酪酸(以下4 H B)を含むもの

特許文献7(特開平9-191893号公報)

(d) 炭素数6から12までの3-ヒドロキシアルカノエートを含むもの

特許文献8(特許第2642937号公報)

(e) 単一の脂肪酸を炭素源とした生合成。生産物は(d)とほぼ同様

非特許文献2(*Appl. Environ. Microbiol.*, 58(2), 746(1992))

等が挙げられる。これらはいずれも微生物による炭化水素等の β 酸化や糖からの脂肪酸合成により合成された、いずれも側鎖にアルキル基を有するモノマーユニットからなるP H A、即ち、「usual P H A」である。

【0006】

[2]しかし、このような微生物産生P H Aのより広範囲な応用、例えば機能性

ポリマーとしての応用を考慮した場合、アルキル基以外の置換基を側鎖に導入したP H A 「unusual P H A」が極めて有用であることが期待される。置換基の例としては、芳香環を含むもの(フェニル基、フェノキシ基、など)や、不飽和炭化水素、エステル基、アリル基、シアノ基、ハロゲン化炭化水素、エポキシドなどが挙げられる。これらの中でも、特に、芳香環を有するP H Aの研究が盛んになされている。

【0007】

(a) フェニル基もしくはその部分置換体を含むもの

非特許文献3 (Makromol. Chem., 191, 1957-1965(1990)) 及び非特許文献4 (Macromolecules, 24, 5256-5260(1991)) には、5-フェニル吉草酸を基質として、シードモナス・オレオボランス (*Pseudomonas oleovorans*) が3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸をユニットとして含むP H Aを生産することが報告されている。

【0008】

非特許文献5 (Macromolecules, 29, 1762-1766(1996)) には、5-(4'-トリル)吉草酸を基質として、シードモナス・オレオボランス (*Pseudomonas oleovorans*) が3-ヒドロキシ-5-(4'-トリル)吉草酸をユニットとして含むP H Aを生産することが報告されている。

【0009】

非特許文献6 (Macromolecules, 32, 2889-2895(1999)) には、5-(2', 4'-ジニトロフェニル)吉草酸を基質として、シードモナス・オレオボランス (*Pseudomonas oleovorans*) が3-ヒドロキシ-5-(2', 4'-ジニトロフェニル)吉草酸及び3-ヒドロキシ-5-(4'-ニトロフェニル)吉草酸をユニットとして含むP H Aを生産することが報告されている。

【010】

(b) フェノキシ基もしくはその部分置換体を含むもの

非特許文献7 (Macromol. Chem. Phys., 195, 1665-1672(1994)) には、11-フェノキシウンデカン酸を基質として、シードモナス オレオボランス (*Pseudomonas oleovorans*) が3-ヒドロキシ-5-フェノキシ吉草酸と3-ヒドロキシ-9-

フェノキシノナン酸のP H Aコポリマーを生産することが報告されている。

【0011】

特許文献9(特許第2989175号公報)には、3-ヒドロキシ、5-(モノフルオロフェノキシ)ペントノエート(3 H 5 (M F P) P)ユニットあるいは3-ヒドロキシ、5-(ジフルオロフェノキシ)ペントノエート(3 H 5 (D F P) P)ユニットからなるホモポリマー、少なくとも3 H 5 (M F P) Pユニットあるいは3 H 5 (D F P) Pユニットを含有するコポリマー；これらのポリマーを合成するシュードモナス・プチダ；シュードモナス属を用いた前記のポリマーの製造法に関する発明が開示されており、その効果として、置換基をもつ長鎖脂肪酸を資化して、側鎖末端が1から2個のフッ素原子が置換したフェノキシ基をもつポリマーを合成することができ、融点が高く良い加工性を保持しながら、立体規則性、撥水性を与えることができるとしている。

【0012】

この様なフッ素基置換体以外に、シアノ基やニトロ基の置換体の研究もなされている。

【0013】

非特許文献8(Can. J. Microbiol., 41, 32-43(1995))及び非特許文献9(Polymer International, 39, 205-213(1996))には、シュードモナス オレオボランス(Pseudomonas oleovorans) ATCC 29347株及びシュードモナス プチダ(Pseudomonas putida) K T 2442株を用いて、オクタン酸とp-シアノフェノキシヘキサン酸或いはp-ニトロフェノキシヘキサン酸を基質として、3-ヒドロキシ-p-シアノフェノキシヘキサン酸或いは3-ヒドロキシ-p-ニトロフェノキシヘキサン酸をモノマーユニットとして含むP H Aの生産が報告されている。

【0014】

これらの報告は側鎖がアルキル基である一般的なP H Aとは異なり、いずれもP H Aの側鎖に芳香環を有しており、それに由来する物性を有するポリマーを得る上で有益である。

【0015】

[3]また新たなカテゴリーとして、単に物性の変化に留まらず、側鎖に適當な

官能基を有するP H Aを生産し、その官能基を利用して新たな機能を生み出そうとする研究も行なわれている。例えば、ユニット中にプロモ基やビニル基のようないくつかの付加反応などにおける反応性が高い活性基を有するP H Aを生産し、活性基を利用した化学変換により任意の官能基をポリマー側鎖に導入し、多機能のP H Aを得ることを目的とした研究が挙げられる。

【0016】

高い反応性が期待されるチオエーテル(-S-；スルファニル結合)を持つユニットを含むP H Aの合成例として、非特許文献10(Macromolecules, 32, 8315-8318(1999))においては、シュードモナス プチダ(*Pseudomonas putida*)27N01株が11-チオフェノキシウンデカン酸(11-(フェニルスルファニル)ウンデカン酸)を基質とし、3-ヒドロキシ-5-チオフェノキシ吉草酸(3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸)及び3-ヒドロキシ-7-チオフェノキシヘプタン酸(3-ヒドロキシ-7-(フェニルスルファニル)ヘプタン酸)のP H Aコポリマーを生産することが報告されている。

【0017】

非特許文献11(Macromol. Rapid Commun., 20, 91-94(1999))には、シュードモナス オレオボランス(*Pseudomonas oleovorans*)を用いて、側鎖にプロモ基を有するP H Aを生産し、アセチル化マルトースのチオール化物を側鎖に修飾し、その溶解性や親水性の異なるP H Aを合成したことが報告されている。

【0018】

非特許文献12(Polymer, 41, 1703-1709(2000))には、10-ウンデセン酸を基質として、側鎖末端に不飽和結合を有する3-ヒドロキシアルケン酸をモノマーユニットとして含むP H Aを生産した後、過マンガン酸カリウムを用いた酸化反応により合成した側鎖末端にジオールを有する3-ヒドロキシアルカン酸が、メタノール、アセトン-水(80/20, v/v)混合溶媒、ジメチルスルホキシド等の極性溶媒に可溶化し、クロロホルム、テトラヒドロフラン、アセトン等の非極性溶媒に不溶化するといった、溶媒への溶解性が変化したことが報告されている。

【0019】

同じく、非特許文献13(Macromolecules, 31, 1480-1486(1998))には、シュー

ドモナス・オレオボランス(*Pseudomonas oleovorans*)を用いて側鎖にビニル基を有するポリエステルを生産し、ビニル基をエポキシ化することにより、エポキシ基を側鎖に有するポリエステルを生産したことが報告されている。

【0020】

また、非特許文献14(Polymer, 35, 2090-2097(1994))には、ポリエステル側鎖のビニル基を利用し、ポリエステル分子内の架橋反応を行い、ポリエステルの物性を改良したことが報告されている。

【0021】

非特許文献15(Macromolecular chemistry, 4, 289-293(2001))には、10-ウンデセン酸を基質として、3-ヒドロキシ-10-ウンデセン酸をモノマーユニットとして含むPHAを生産した後、過マンガン酸カリウムを用いた酸化開裂反応により合成した3-ヒドロキシ-10-カルボキシデカン酸をモノマーユニットとして含むPHAについて、その分解速度の向上が認められたことが報告されている。

【0022】

一方、ユニット中に活性基を有するPHAの物性を変化させ、ポリマーとして実際に利用していくために、活性基を有するユニット以外のユニットを含むPHA共重合体を微生物合成することが検討されており、非特許文献16(Macromolecules, 25, 1852-1857(1992))に、シュードモナス オレオボランス(*Pseudomonas oleovorans*)を用いて、11-ブロモウンデカン酸、8-ブロモオクタン酸、6-ブロモヘキサン酸といった ω -ブロモアルカン酸とn-ノナン酸の共存下で3-ヒドロキシ- ω -ブロモアルカン酸ユニットと直鎖アルカン酸ユニットを含むPHA共重合体を生産した例が報告されている。

【0023】

このように、ユニット中にブロモ基やビニル基のような反応性が高い活性基を有するPHAでは、様々な官能基の導入や、化学的変換を施すことが可能であり、また、ポリマーの架橋点ともなり得るため、活性基を有するPHAは、PHAの多機能化を図る上で非常に有効な方法であると言える。

【0024】

なお、本願発明では前記文献の他に、後述の特許文献10~12、非特許文献17~

20が引用されている。

【0025】

【特許文献1】

特公平6-15604号公報

【特許文献2】

特公平7-14352号公報

【特許文献3】

特公平8-19227号公報

【特許文献4】

特開平5-7492号公報

【特許文献5】

特開平5-93049号公報

【特許文献6】

特開平7-265065号公報

【特許文献7】

特開平9-191893号公報

【特許文献8】

特許第2642937号公報

【特許文献9】

特許第2989175号公報

【特許文献10】

特開2001-288256号公報

【特許文献11】

特開2002-80571号公報

【特許文献12】

特開昭59-190945号広報

【非特許文献1】

「生分解性プラスチックハンドブック」, 生分解性プラスチック研究会編, (株)エヌ・ティー・エス, P178-197(1995)

【非特許文献 2】

Appl. Environ. Microbiol., 58(2), 746(1992)

【非特許文献 3】

Makromol. Chem., 191, 1957-1965(1990)

【非特許文献 4】

Macromolecules, 24, 5256-5260(1991)

【非特許文献 5】

Macromolecules, 29, 1762-1766(1996)

【非特許文献 6】

Macromolecules, 32, 2889-2895(1999)

【非特許文献 7】

Macromol. Chem. Phys., 195, 1665-1672(1994)

【非特許文献 8】

Can. J. Microbiol., 41, 32-43(1995)

【非特許文献 9】

Polymer International, 39, 205-213(1996)

【非特許文献 10】

Macromolecules, 32, 8315-8318(1999)

【非特許文献 11】

Macromol. Rapid Commun., 20, 91-94(1999)

【非特許文献 12】

Polymer, 41, 1703-1709(2000)

【非特許文献 13】

Macromolecules, 31, 1480-1486(1998)

【非特許文献 14】

Polymer, 35, 2090-2097(1994)

【非特許文献 15】

Macromolecular chemistry, 4, 289-293(2001)

【非特許文献 16】

Macromolecules, 25, 1852-1857 (1992)

【非特許文献 17】

J. Chem. Soc., Perkin. Trans. 1, 806 (1973)

【非特許文献 18】

Org. Synth., 4, 698 (1963)

【非特許文献 19】

J. Org. Chem., 46, 19 (1981)

【非特許文献 20】

J. Am. Chem. Soc., 81, 4273 (1959)

【0026】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の「unusual PHA」についても、一般的にそのガラス転移温度は低く(～30℃程度まで)、また溶媒への溶解性の制御についても制限があり、様々な応用/用途への展開を考えた場合、その熱的特性の改善(特にガラス転移温度)、溶媒への溶解性の制御は大きな課題であった。

【0027】

また、上記に報告されているような、側鎖末端にカルボキシル基、エポキシ基、ジオール基などを有するモノマーユニットを導入したPHAの場合についても、共重合ユニットは側鎖に直鎖アルキル基を有するモノマーユニットであり、このポリマーは、ガラス転移温度が低い。さらに、溶媒への溶解性についても、直鎖アルキル基を有するモノマーユニットのみではその制御が困難である。

【0028】

以上の点から、PHAのモノマーユニット比を任意に制御でき、さらにポリマーとしての応用が制限されないように物性、特に熱的特性、溶媒への溶解性を任意...制御し得るようなPHA及びその製造方法が求められていた。

【0029】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは上記の課題を解決すべく鋭意研究した結果、以下のような発明に至った。

【0030】

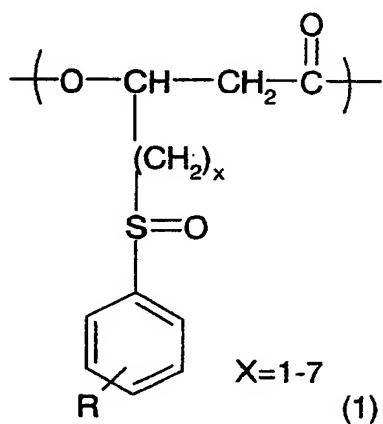
即ち、本発明は、

[1] 下記化学式(1)、(2)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットと、下記化学式(3)～(6)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むことを特徴とするポリヒドロキシアルカノエート共重合体である。

ここで、化学式(1)は：

【0031】

【化49】



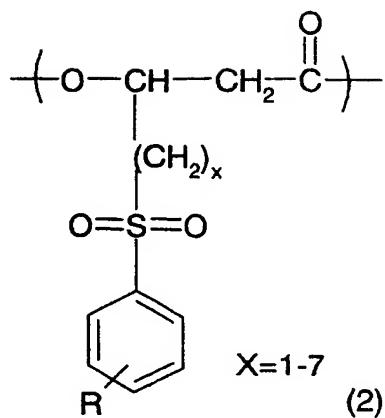
【0032】

(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルフィニル)アルカン酸ユニットであり、

化学式(2)は：

【0033】

【化50】



【0034】

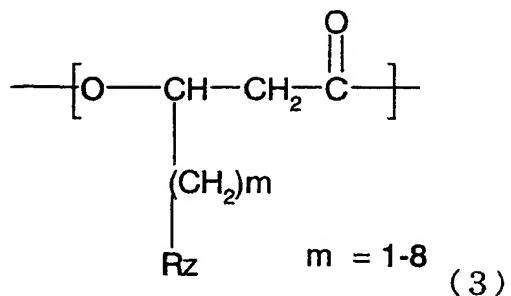
(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、C₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、OC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルホニル)アルカン酸ユニットであり、

化学式(3)は：

【0035】

【化51】



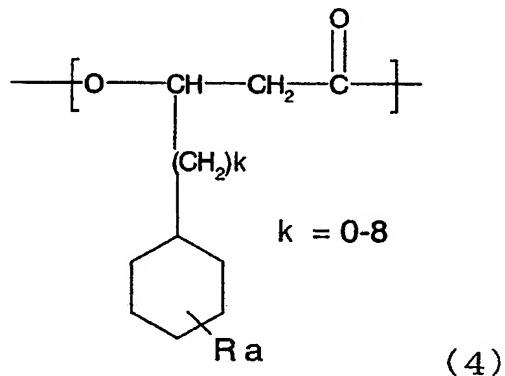
【0036】

(mは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；R_zはフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる；複数のユニットが存在する場合、mおよびR_zは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)に示されたユニットであり、

化学式(4)は：

【0037】

【化52】



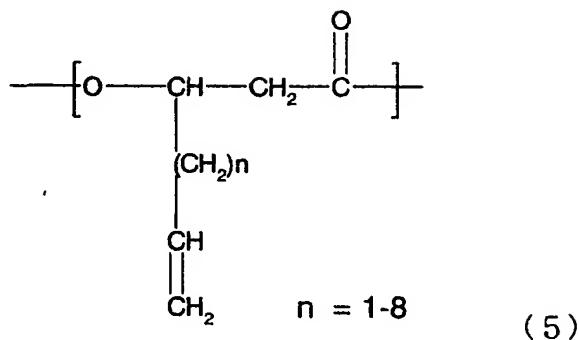
【0038】

(式中、R_aはシクロヘキシル基への置換基を示し、R_aはH原子、CN基、NO₂基、ハロゲン原子、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、kは化学式中に示した範囲から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)に示された3-ヒドロキシ- ω -シクロヘキシルアルカン酸ユニットであり、

化学式(5)は：

【0039】

【化53】



【0040】

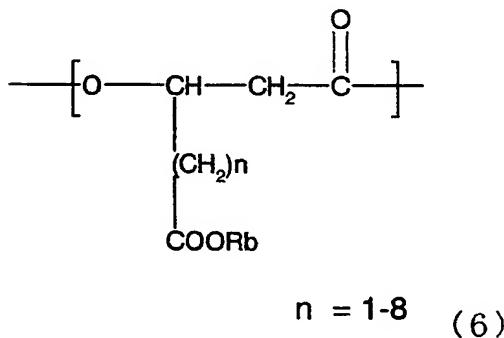
(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットであり、

化学式(6)は：

【0041】

【化54】



【0042】

(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；R_bは、H原子、Na原子またはK原子である；複数のユニットが存在する場合、nおよびR_bは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

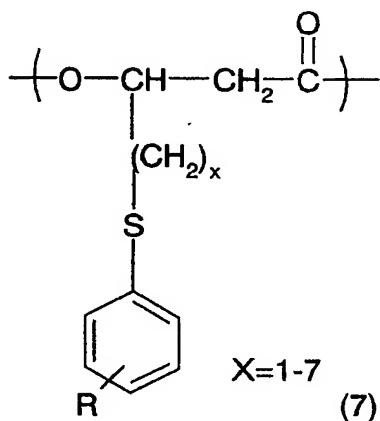
に示された3-ヒドロキシ- ω -カルボキシアルカン酸ユニットである。

【0043】

[2] また、本発明は、化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットの少なくとも1種類をポリマー分子中にさらに含む、前記[1]に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体とすることができる。

【0044】

【化55】



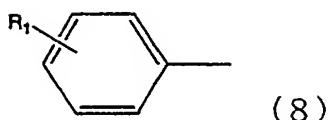
【0045】

(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

[3] また、本発明は、前記化学式(3)におけるR₂、即ちフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基が、下記化学式(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)および(15)のいずれかであり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す、前記[1]または[2]に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体とすることができる。

【0046】

【化56】

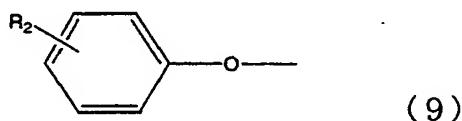


【0047】

(式中、R₁は芳香環への置換基を示し、R₁はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR' (フェニル基のパラの位置につく場合を除く。また、R':H、Na、およびKのいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CH=CH₂基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0048】

【化57】

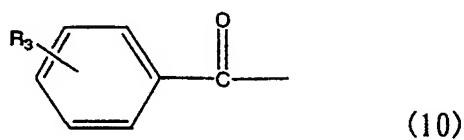


【0049】

(式中、R₂は芳香環への置換基を示し、R₂はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、SCH₃基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0050】

【化58】

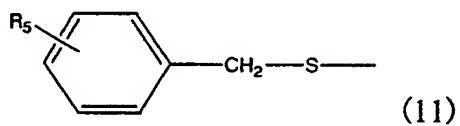


【0051】

(式中、R₃は芳香環への置換基を示し、R₃はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0052】

【化59】



【0053】

(式中、R₅は芳香環への置換基を示し、R₅はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

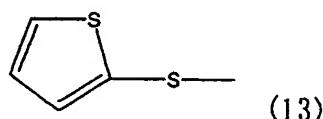
【0054】

【化60】



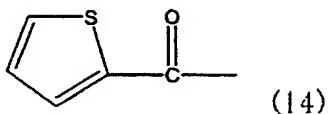
【0055】

【化61】



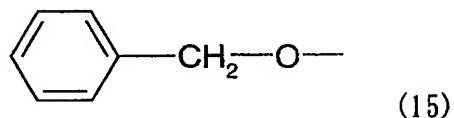
【0056】

【化62】



【0057】

【化63】



【0058】

[4] なお、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体は、数平均分子量が1000から1000000の範囲である前記[1]～[3]のいずれかに記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体とすることができる。

【0059】

[5] また、本発明は、下記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、下記化学式(17)～(19)で示す化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種を含む条件下で、

化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、化学式(17)～(19)で示す化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種を原料として、

下記化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットと、下記化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を生産する能力を有する微生物により生合成させること

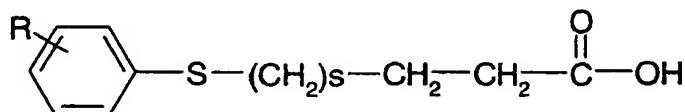
を特徴とする、化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)ア

ルカン酸ユニットと、化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法である。

ここで、化学式(16)は：

【0060】

【化64】



$s=1-7$ (16)

【0061】

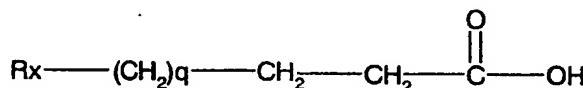
(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、sは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

で示され、

化学式(17)は：

【0062】

【化65】



$q=1-8$ (17)

【0063】

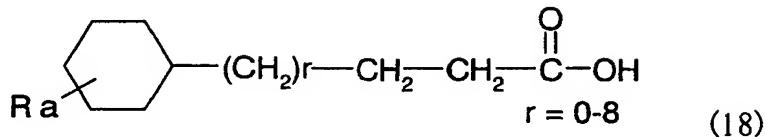
(qは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rxはフェニル構造、或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる)

で示され、

化学式(18)は：

【0064】

【化66】



【0065】

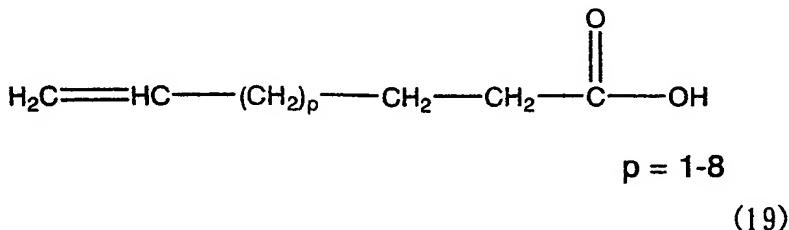
(式中、 R_a はシクロヘキシル基への置換基を示し、 R_a は H 原子、 CN 基、 NO₂ 基、 ハロゲン原子、 CH₃ 基、 C₂H₅ 基、 C₃H₇ 基、 CF₃ 基、 C₂F₅ 基または C₃F₇ 基であり、 r は化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である)

で示す ω -シクロヘキシルアルカン酸であり、

化学式(19)は：

【0066】

【化67】



【0067】

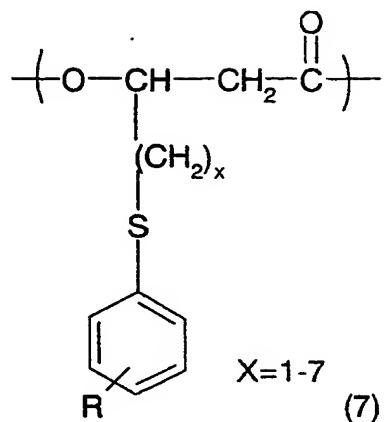
(p は化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である)

で示す ω -アルケン酸であり、

化学式(7)は：

【0068】

【化68】



【0069】

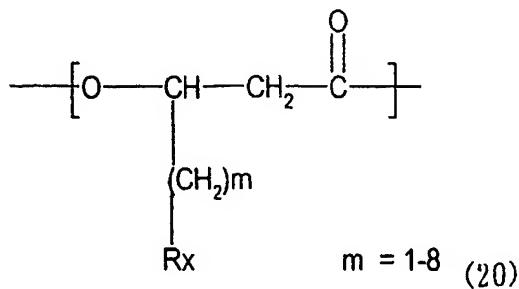
(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

で示され、

化学式(20)は：

【0070】

【化69】



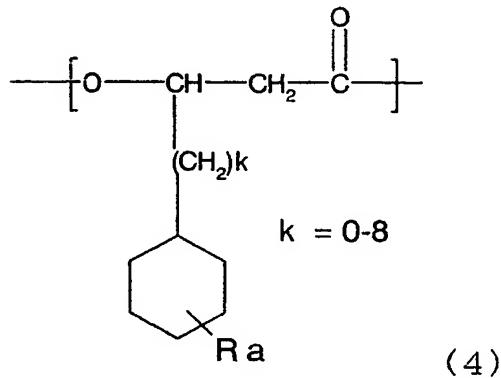
【0071】

(mは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rxはフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる；複数のユニットが存在する場合、mおよびRxは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。) で示され、

化学式(4)は：

【0072】

【化70】



【0073】

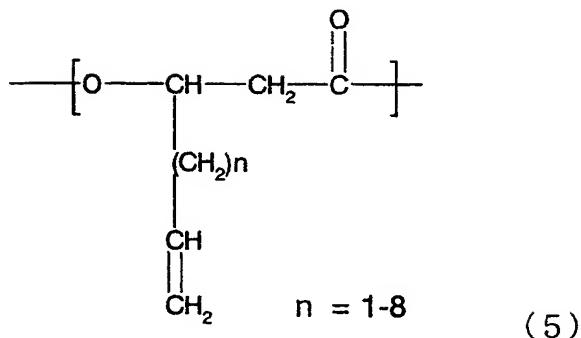
(式中、R_aはシクロヘキシル基への置換基を示し、R_aはH原子、CN基、NO₂基、ハロゲン原子、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、kは化学式中に示した範囲から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -シクロヘキシルアルカン酸ユニットであり、

化学式(5)は：

【0074】

【化 7 1】



[0075]

(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)
に示された3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットである。

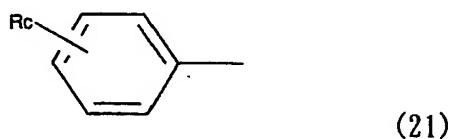
[0076]

[6] さらに、本発明においては、化学式(20)及び(17)におけるRx、即ちフェニル構造、チエニル構造を有する残基が、化学式(21)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)および(15)のいずれかで示される残基の少なくとも1種であって

化学式(20)で示されるユニットが複数存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す前記[5]に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法とすることができます。

[0077]

〔化72〕



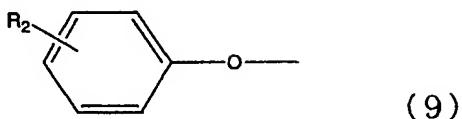
[0078]

(式中、R_Cは芳香環への置換基を示し、R_CはH原子、ハロゲン原子、CN基、

NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CH=CH₂基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0079】

【化73】

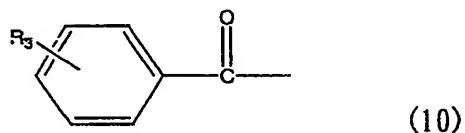


【0080】

(式中、R₂は芳香環への置換基を示し、R₂はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、SCH₃基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0081】

【化74】

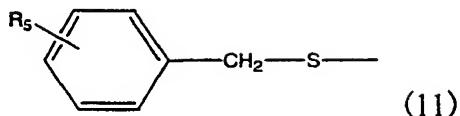


【0082】

(式中、R₃は芳香環への置換基を示し、R₃はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0083】

【化75】



(11)

【0084】

(式中、 R_5 は芳香環への置換基を示し、 R_5 はH原子、ハロゲン原子、CN基、 NO_2 基、 $COOR'$ 、 SO_2R'' (R' :H、Na、K、 CH_3 、および C_2H_5 のいずれかを表し、 R'' :OH、ONa、OK、ハロゲン原子、 OCH_3 、および OC_2H_5 のいずれかを表す)、 CH_3 基、 C_2H_5 基、 C_3H_7 基、 $(CH_3)_2-CH$ 基または $(CH_3)_3-C$ 基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0085】

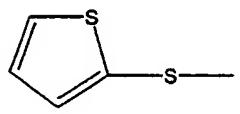
【化76】



(12)

【0086】

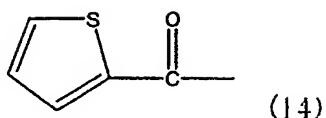
【化77】



(13)

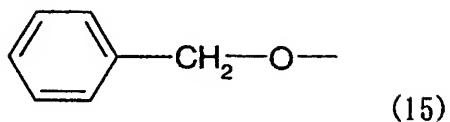
【0087】

【化78】



【0088】

【化79】



【0089】

〔7〕 更に、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法は、前記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、前記化学式(17)～(19)で示された化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種の双方を少なくとも含む培地中で前記微生物を培養する前記[5]または[6]に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法とすることができる。

【0090】

〔8〕 更に詳細には、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法は、前記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、前記化学式(17)～(19)で示された化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種に加えて、ペプチド類、酵母エキス、有機酸或いはその塩、アミノ酸或いはその塩、糖類、炭素数4から12の直鎖アルカン酸或いはその塩のうちの少なくとも1種類を含む培地中で、前記微生物を培養する前記[7]に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法とことができ、

〔9〕 さらに、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法は、前記微生物の培養において、

培地中に含有されるペプチド類がポリペプトンであり、

また、培地中に含有される有機酸或いはその塩が、ピルビン酸、オキサロ酢酸、クエン酸、イソクエン酸、ケトグルタル酸、コハク酸、フマル酸、リンゴ酸、乳酸、あるいはこれらの塩からなる群より選択される1つ以上の化合物であり、

また、培地中に含有されるアミノ酸或いはその塩が、グルタミン酸、アスパラギン酸、或いはこれらの塩からなる群より選択される1つ以上の化合物であり、

また、培地中に含有される糖類として、グリセロアルデヒド、エリトロース、アラビノース、キシロース、グルコース、ガラクトース、マンノース、フルクトース、グリセロール、エリトリトール、キシリトール、グルコン酸、グルクロン酸、ガラクツロン酸、マルトース、スクロース、ラクトースからなる群より選択される1つ以上の化合物である

前記[8]に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法とすることができる。

【0091】

[10] また、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法は、前記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸の少なくとも1種と、前記化学式(17)～(19)で示された化合物からなる群から選ばれた少なくとも1種とを含む培地中で前記微生物を培養し、前記微生物が產生した、前記化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットと、前記化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を微生物細胞から回収する工程を有する前記[5]～[9]のいずれかに記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法とすることができる。

【0092】

[11] さらに、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法は、前記微生物として、シュードモナス(*Pseudomonas*)属に属する微生物を用いることを特徴とする前記[5]～[10]のいずれかに記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法とすることができる。

【0093】

[12] 特に、前記微生物として、シュードモナス・チコリアイ YN2株(*Pseudomonas cichorii* YN2; FERM BP-7375)、シュードモナス・チコリアイ H45株(*Pseudomonas cichorii* H45; FERM BP-7374)、シュードモナス・ジェッセニイ P161株(*Pseudomonas jessenii* P161; FERM BP-7376)のいずれか1つ以上の株を用いる前記[11]に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法とすることができます。

【0094】

[13] また、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法は、下記化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットと、下記化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を原料として、

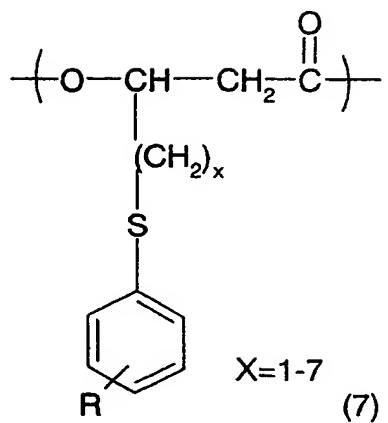
少なくとも化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットの酸化により、かつ、原料のユニット組成に依存して化学式(20)に示すユニットもしくは化学式(5)に示す3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットの酸化が同時になされることにより、

下記化学式(1)、(2)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットと、下記化学式(3)～(6)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むことを特徴とするポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法である。

ここで、化学式(7)は：

【0095】

【化80】



【0096】

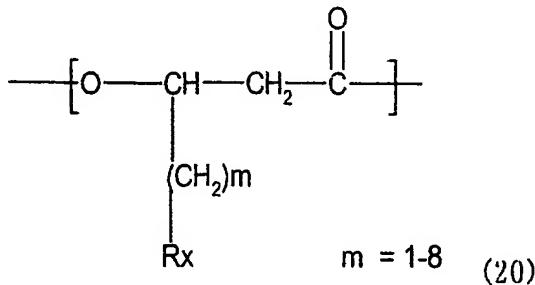
(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。)

で示され、

化学式(20)は：

【0097】

【化81】



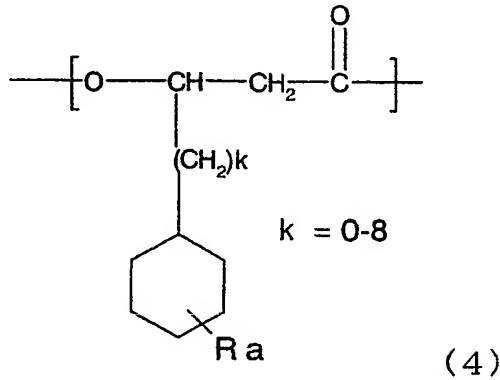
【0098】

(mは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rxはフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる；複数のユニットが存在する場合、mおよびRxは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。) で示され、

化学式(4)は：

【0099】

【化82】



【0100】

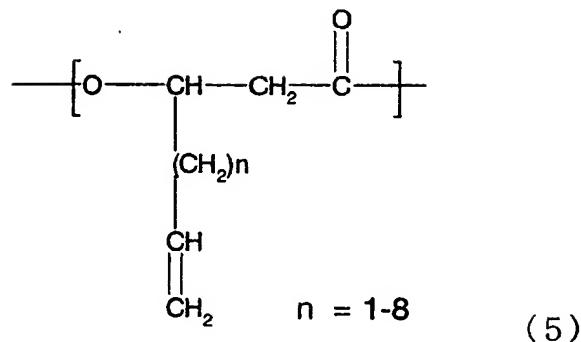
(式中、Raはシクロヘキシル基への置換基を示し、RaはH原子、CN基、NO₂基、ハロゲン原子、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、kは化学式中に示した範囲から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -シクロヘキシルアルカン酸ユニットであり、

化学式(5)は：

【0101】

【化83】

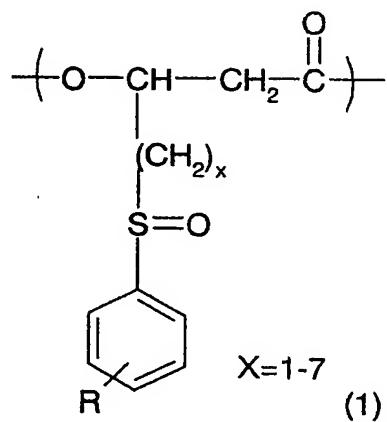


【0102】

(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)
 に示された3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットであり、
 化学式(1)は：

【0103】

【化84】



【0104】

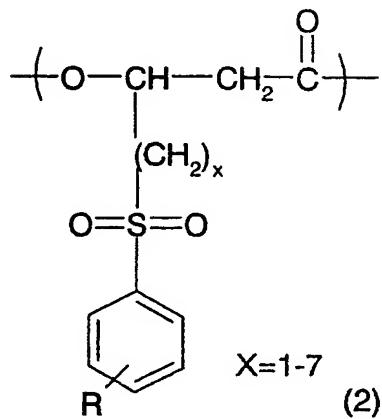
(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R''(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の

意味を表し、また、 x は、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。) に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルフィニル)アルカン酸ユニットであり、

化学式(2)は：

【0105】

【化85】



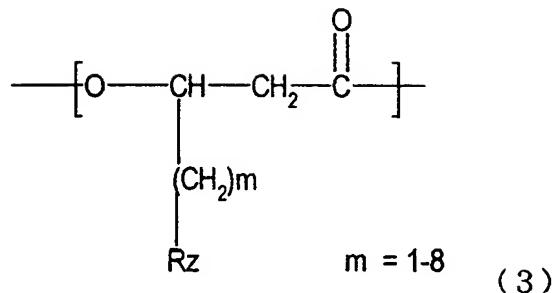
【0106】

(式中、Rは芳香環への置換基を示し、RはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、また、xは、1～7から選ばれた整数であり、ユニット毎に違う値をとり得る。) に示された3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルホニル)アルカン酸ユニットであり、

化学式(3)は：

【0107】

【化86】



【0108】

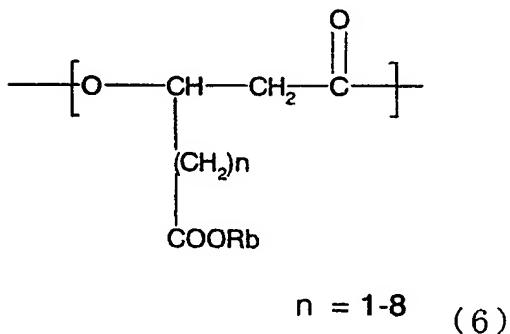
(mは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rzはフェニル構造或いはチエニル構造のいずれかの構造を有する残基を含んでいる；複数のユニットが存在する場合、mおよびRzは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示されたユニットであり、

化学式(6)は：

【0109】

【化87】



【0110】

(nは化学式中に示した範囲内から選ばれた整数である；Rbは、H原子、Na原子またはK原子である；複数のユニットが存在する場合、nおよびRbは、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

に示された3-ヒドロキシ- ω -カルボキシアルカン酸ユニットである。

【0111】

[14] また、本発明は、前記、化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットと、化学式(20)、(4)および(5)に示すユニットからなる群から選ばれた少なくとも1種類のユニットとの双方をポリマー分子中に少なくとも含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体が、前記[5]～[12]のいずれかに記載の方法で製造されたことを特徴とする、前記[13]に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法である。

【0112】

[15] また、本発明は、前記酸化方法として、過マンガン酸塩、重クロム酸塩、過ヨウ素酸塩、過酸化水素、過炭酸ナトリウム、メタクロロ過安息香酸、過蟻酸、過酢酸からなる群より選択される一つ以上の選ばれる酸化剤を用いて、酸化処理を行う前記[13]または[14]に記載の製造方法である。

【0113】

[16] また、本発明は、該酸化方法として、酸化剤として過マンガン酸塩を用いて、酸性条件下で酸化処理を行う前記[15]に記載の製造方法である。

【0114】

[17] また、本発明は、該酸化方法として、オゾンを用いる前記[13]または[14]に記載の製造方法である。

【0115】

[18] また、本発明は、前記化学式(3)におけるR₂、即ちフェニル構造、チエニル構造を有する残基が、

化学式(8)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)および(15)のいずれかで示される残基の少なくとも1種であって、化学式(3)で示されるユニットが複数存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表し、

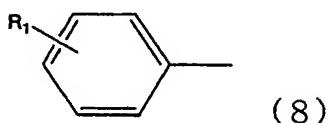
長：～、前記化学式(17)及び(20)におけるR₃、即ちフェニル構造、チエニル構造を有する残基が、

化学式(21)、(9)、(10)、(11)、(12)、(13)、(14)および(15)のいずれかで示される残基の少なくとも1種であって、化学式(20)で示されるユニットが複数存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す、前記[13]～[17]のいずれか

に記載のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法である。

【0116】

【化88】

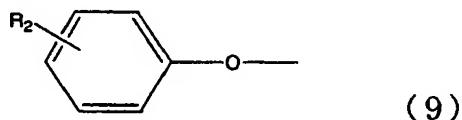


【0117】

(式中、R₁は芳香環への置換基を示し、R₁はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR' (フェニル基のパラの位置につく場合を除く。また、R':H、Na、およびKのいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CH=C H₂基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0118】

【化89】

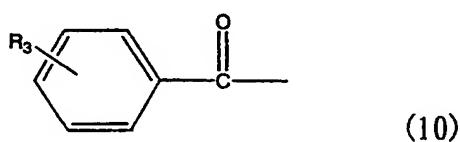


【0119】

(式中、R₂は芳香環への置換基を示し、R₂はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、SCH₃基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0120】

【化90】



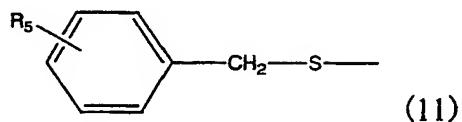
【0121】

(式中、R₃は芳香環への置換基を示し、R₃はH原子、ハロゲン原子、CN基、

NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0122】

【化91】

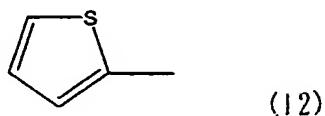


【0123】

(式中、R₅は芳香環への置換基を示し、R₅はH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、COOR'、SO₂R"(R':H、Na、K、CH₃、およびC₂H₅のいずれかを表し、R":OH、ONa、OK、ハロゲン原子、OCH₃、およびOC₂H₅のいずれかを表す)、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、(CH₃)₂-CH基または(CH₃)₃-C基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

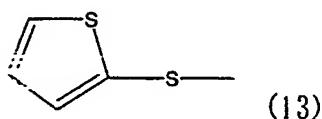
【0124】

【化92】



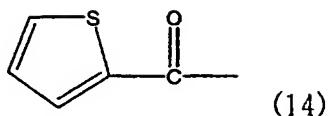
【0125】

【化93】



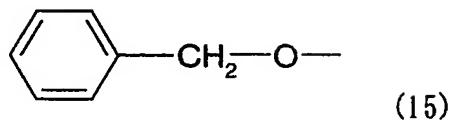
【0126】

【化94】



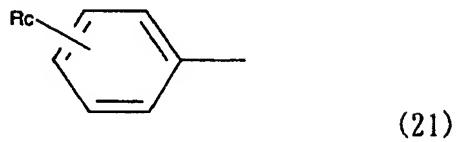
【0127】

【化95】



【0128】

【化96】



【0129】

(式中、Rcは芳香環への置換基を示し、RcはH原子、ハロゲン原子、CN基、NO₂基、CH₃基、C₂H₅基、C₃H₇基、CH=CH₂基、CF₃基、C₂F₅基またはC₃F₇基であり、複数のユニットが存在する場合、ユニット毎に独立して上記の意味を表す。)

【0130】

【発明の実施の形態】

本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法における微生物の培養条件の詳細は、以下のとおりである。

【0131】

微生物の通常の培養、例えば、保存菌株の作製、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体の生産に必要とされる菌数や活性状態を確保するための増殖などには、用いる微生物の増殖に必要な成分を含有する培地を適宜選択して用いる。例えば、微生物の生育や生存に悪影響を及ぼすものでない限り、一般的な天然培地(肉汁培地、酵母エキスなど)や、栄養源を添加した合成培地など、いかなる種類

の培地をも用いることができる。温度、通気、攪拌などの培養条件は、用いる微生物に応じて適宜選択する。

【0132】

例えば、リン酸緩衝液及びアンモニウム塩或いは硝酸塩を基本とした無機塩培地に、以下に示すように種々の必要基質及び栄養素を加える。

【0133】

目的とするポリヒドロキシアルカノエートを生産するための基質として前記化学式(16)で示す ω -(置換フェニルスルファニル)アルカン酸、及び前記化学式(17)で示す化合物もしくは前記化学式(18)で示す ω -シクロヘキシルアルカン酸もしくは化学式(19)で示す ω -アルケン酸を培地あたりそれぞれ0.01%から1% (w/v)、更に好ましくは0.02%から0.2%の割合で含有していることが望ましい。

【0134】

微生物増殖のための炭素源及び窒素源、ポリヒドロキシアルカノエート生産のためのエネルギー供給源として加える上記の共存基質濃度は、通常培地あたり0.1%から5% (w/v)、更に好ましくは0.2%から2%の割合で含有していることが望ましい。

【0135】

本発明で用いる培地としては、リン酸塩及びアンモニウム塩或いは硝酸塩等の窒素源を含む無機塩培地ならいかなる培地でも良いが、窒素源の濃度を調節することでポリヒドロキシアルカノエート共重合体の生産性を向上せしめることが可能である。

【0136】

培養温度としては上記の菌株が良好に増殖可能な温度であれば良く、15℃から37℃、更に好ましくは20℃から30℃程度が適当である。

【0137】

培養は液体培養、固体培養等該微生物が増殖し、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体を生産する培養方法ならいかなる培養方法でも用いることができる。さらに、バッチ培養、フェドバッチ培養、半連続培養、連続培養等の種類も問わない。液体バッチ培養の形態としては、振とうフラスコによって振とうさせて酸

素を供給する方法、ジャーファーメンターによる攪拌通気方式の酸素供給方法がある。

【0138】

微生物にポリヒドロキシアルカノエート共重合体を生産・蓄積せしめる方法としては、上に示した方法の他に、一旦十分に増殖させて後に、塩化アンモニウムのような窒素源を制限した培地へ菌体を移し、目的ユニットの基質となる化合物を加えた状態で更に培養すると生産性が向上する場合がある。

【0139】

更に本発明の製造方法においては、上記のような条件下で前記微生物を培養し、前記微生物が產生した前記化学式(7)に示す3-ヒドロキシ-(置換フェニルスルファニル)アルカン酸ユニットを少なくとも分子中に含み、かつ、化学式(20)に示すユニットもしくは化学式(4)に示す3-ヒドロキシ- ω -シクロヘキシルアルカン酸ユニットもしくは化学式(5)に示す3-ヒドロキシ- ω -アルケン酸ユニットとを少なくとも分子中に同時に含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を微生物細胞から回収する工程を有するポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法とすることができる。

【0140】

微生物細胞から目的のP H Aを回収する方法としては、通常行なわれている方法を適用することができる。例えば、クロロホルム、ジクロロメタン、アセトンなどの有機溶媒による抽出が最も簡便ではあるが、それ以外にジオキサン、テトラヒドロフラン、アセトニトリルが用いられる場合もある。また、有機溶媒が使用しにくい環境中においては、S D S等の界面活性剤による処理、リゾチーム等の酵素による処理、次亜塩素酸塩、アンモニア、E D T A等の薬剤による処理、或いは超音波破碎法、ホモジナイザー法、圧力破碎法、ビーズ衝撃法、摩碎法、擂潰法、凍結融解法のいずれかの方法を用いて微生物細胞を物理的に破碎することによって、P H A以外の菌体成分を除去して、P H Aを回収する方法を用いることもできる。

【0141】

本発明の製造方法で用いる前記微生物としては、前記条件を満たす能力を有す

る微生物であれば如何なる微生物でも良いが、その中でも特にシュードモナス(*Pseudomonas*)属に属する微生物が望ましく、更に詳しくはシュードモナス チコリアイ(*Pseudomonas cichorii*)、シュードモナス プチダ(*Pseudomonas putida*)、シュードモナス フルオレセンス(*Pseudomonas fluorescens*)、シュードモナス オレオボランス(*Pseudomonas oleovorans*)、シュードモナス アルギノーサ(*Pseudomonas aeruginosa*)、シュードモナス スツッツェリ(*Pseudomonas stutzeri*)、シュードモナス ジェッセニイ(*Pseudomonas jessenii*)等が望ましい。さらに詳しくは、シュードモナス チコリアイ YN2株(*Pseudomonas cichorii* YN2; FERM BP-7375)、シュードモナス チコリアイ H45株(*Pseudomonas cichorii* H45, FERM BP-7374)、シュードモナス ジェッセニイ P161株(*Pseudomonas jessenii* P161, FERM BP-7376)、シュードモナス・プチダ P91株(*Pseudomonas putida* P91; FERM BP-7373)が挙げられる。これら4種の微生物は独立行政法人 産業技術総合研究所(旧 通商産業省 工業技術院)生命工学工業技術研究所 特許微生物寄託センターに 寄託されており、特許文献10(特開2001-288256号公報)および特許文献11(特開2002-80571号公報)に記載されている微生物である。

【0142】

培養方法に用いる無機培地としては、リン源(例えば、リン酸塩など)、窒素源(例えば、アンモニウム塩、硝酸塩など)等、微生物の増殖に必要な成分を含んでいる培地であればいかなるものでも良く、例えば、MSB培地、M9培地等を挙げることができる。

【0143】

例えば、本発明の一方法に用いた無機塩培地(M9培地)の組成を以下に示す。

【0144】

【無機塩培地】

Na ₂ HPO ₄	:6.3	
KH ₂ PO ₄	:3.0	
NH ₄ Cl	:1.0	
NaCl	:0.5	g/L, pH=7.0

更に、良好な増殖及びP H Aの生産のためには、上記の無機塩培地に以下に示す微量成分溶液を0.3% (v/v)程度添加する必要がある。

【0145】

[微量成分溶液]

ニトリロ 三酢酸:1.5 ; MgSO₄:3.0 ;
 MnSO₄:0.5 ; NaCl:1.0 ; FeSO₄:0.1 ;
 CaCl₂:0.1 ; CoCl₂:0.1 ; ZnSO₄:0.1 ;
 CuSO₄:0.1 ; AlK(SO₄)₂:0.1 ; H₃BO₃:0.1
 Na₂MoO₄:0.1 ; NiCl₂:0.1 g/L

なお、本発明の微生物の培養、本発明の微生物によるP H Aの生産と菌体への蓄積、並びに、本発明における菌体からのP H Aの回収は、上記の方法に限定されるものではない。

【0146】

上記の製造方法により合成された、化学式(7)で示すユニットと化学式(20)で示すユニットもしくは化学式(5)で示すユニットとを含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体は、この化学式(7)で示される、側鎖末端にフェニルスルファニル基または置換フェニルスルファニル基として、スルファニル基(-S-)を有するユニットの硫黄部分、スルファニル基(-S-)を選択的に酸化することで製造することができ、化学式(1)で示すユニットあるいは化学式(2)で示すユニットの少なくとも1種類を含み、さらには化学式(7)で示すユニットとを含むこともあるポリヒドロキシアルカノエート共重合体が得られる。

【0147】

このような酸化処理については、例えば、過酸化化合物を利用することができ、本発明の目的、すなわち、フェニルスルファニル基または置換フェニルスルファニル基として存在するスルファニル基(-S-)の酸化に寄与し得るものであれば、いかなる種類の過酸化化合物をも用いることが可能である。その際、酸化効率、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体主鎖骨格への影響、処理の簡便さ等を考慮した場合、特に、過酸化水素、過炭酸ナトリウム、メタクロロ過安息香酸、

過蟻酸、過酢酸からなる群から選択される過酸化化合物を用いることが好ましい

。

【0148】

まず、その中でも処理方法が容易な過酸化水素を利用する処理について述べる。最も簡便な過酸化水素による処理方法は、前記の培養条件で微生物を培養し、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の前駆体である、化学式(7)で示されるユニットを含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を蓄積した微生物細胞をそのまま過酸化水素水に懸濁し、場合によっては一定時間加熱、攪拌して菌体の処理を行った後、不溶成分として、目的とするポリヒドロキシアルカノエート共重合体を回収する方法である。過酸化水素の濃度が比較的高い場合、または、反応温度が比較的高い場合には、菌体細胞由来の不溶成分、例えば、細胞膜などは、酸化を受けて、分解・可溶化され、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体のみが、不溶成分としてほぼ純粋な形で回収される。一方、温和な条件の場合には、分解・可溶化が十分に果たされず、一部菌体細胞由来の生体細胞を破碎する工程が残留する場合がある。

【0149】

このような温和な条件を利用する際には、予め培養微生物細胞を破碎し、菌体細胞由来の不溶成分を除去して、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の前駆体である、化学式(7)で示されるユニットを含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体を粗製で回収した後に、過酸化水素水で処理する方法を採用することも可能である。この予め培養微生物細胞を破碎し、中間原料(前駆体)のポリヒドロキシアルカノエート共重合体を分離・回収する工程を設ける方法をとると、比較的温和な条件で、過酸化水素水による処理を行う際にも、十分に純度の高いポリヒドロキシアルカノエート共重合体が回収される。

【0150】

本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法において、前記の生体細胞を破碎する工程では、超音波破碎法、ホモジナイザー法、圧力破碎法、ビーズ衝撃法、摩碎法、擂潰法(ガラス粉末やアルミナ粉末等の助剤を加えて乳鉢中ですり潰す方法)、凍結融解法など、細胞膜の破碎に薬剤を使用しない手段

を用いることが好ましい。生体細胞を破碎する工程後、更に、分離した不溶成分の再懸濁液を遠心分離等の方法により固体成分と可溶成分とを分離し、中間原料となるポリヒドロキシアルカノエート共重合体成分が含まれている固体成分のみを過酸化水素で処理する。

【0151】

更に、もう一つのポリヒドロキシアルカノエート共重合体の分離方法としては、培養工程の後、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体蓄積微生物細胞から、クロロホルム、ジクロロメタンやアセトンといった蓄積ポリヒドロキシアルカノエート共重合体の可溶溶媒によりポリヒドロキシアルカノエート共重合体のみを抽出・単離する手段を利用することもできる。抽出・単離した後、得られたポリヒドロキシアルカノエート共重合体のみを過酸化水素により処理する方法である。この溶媒抽出を利用する方法においては、微生物細胞から抽出・回収される前駆体ポリヒドロキシアルカノエート共重合体は、過酸化水素処理を行う水系媒体中で塊状になりやすい。前駆体ポリヒドロキシアルカノエート共重合体が塊状となつた場合、過酸化水素などの過酸化化合物との接触の妨げとなり、場合によつては、この酸化反応の効率を著しく低下させることもあるなど、操作上の困難さ・煩雑さを伴う場合が多い。その観点からは、先に述べた2つの方法は、前駆体ポリヒドロキシアルカノエート共重合体は、本来、微生物細胞中に微粒子状で存在しており、その状態のまま、微粒子状の前駆体ポリヒドロキシアルカノエート共重合体を水懸濁状態で過酸化水素処理を施すことが可能であることから、操作上もより簡便な方法である。

【0152】

本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法で、酸化剤として利用する過酸化水素は、本発明の目的、すなわち、フェニルスルファニル基または置換フェニルスルファニル基として存在するスルファニル基(-S-)の酸化を行える限り、いかなる形態のものでも用いることが可能である。なお、製造工程の制御という観点からは、その濃度などが、安定した性状の過酸化水素の溶液、例えば、過酸化水素水など、水系溶媒中に溶解したもの用いることが望ましい。一例として、工業的に多量に安定生産可能な、JIS K-8230に則った過酸化水

素水は推奨されるべきものであり、例えば、三菱瓦斯化学(株)製 過酸化水素水(31%過酸化水素含有)は、本発明の方法において、好適な過酸化水素の溶液である。

【0153】

本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法において、この過酸化水素を用いる酸化処理の条件は、処理されるポリヒドロキシアルカノエート共重合体の状態(菌体成分の有無、塊状か微粒子状か等)により異なるが、概ね以下の範囲に選択することが好ましい。一般に、菌体成分の残存量が少ない場合、また、前駆体ポリヒドロキシアルカノエート共重合体形状が微粒子状である場合には、不要な菌体成分の酸化・可溶化が容易に行え、あるいは、微粒子状のポリヒドロキシアルカノエート共重合体自体では、より速やかな処理がなされるので、温和な条件を用いることができる。前記、JIS K-8230 規格品の過酸化水素水(31%過酸化水素含有)を利用する際、その希釈条件(濃度)、使用量、処理温度、時間などは、下記する範囲に選択することができる。

【0154】

処理液中の酸化水素濃度:反応温度にもよるが、8%(約4倍希釈)~31%(原液)、より好ましい濃度範囲としては、16%(約2倍希釈)~31%(原液)反応量:前駆体ポリヒドロキシアルカノエート共重合体中に含まれる化学式(3)のユニットの比率にも依存するものの、処理前ポリヒドロキシアルカノエート共重合体1gに対して、原液過酸化水素水(31%過酸化水素含有)換算で30ml~500ml、より好ましい反応量は、100ml~300mlの範囲である。反応温度:処理液中の濃度にもよるが、30℃~100℃、より好ましい温度としては、80℃~100℃の範囲に選択する。反応時間については、その反応温度にもよるが、10分~180分、より好ましい時間としては、30分~120分の範囲である。

【0155】

前記する条件の範囲で、過酸化水素処理を施すことにより、微生物菌体に蓄積されていた、化学式(7)で示されるユニットを含む前駆体ポリヒドロキシアルカノエート共重合体から、化学式(1)ならびに化学式(2)で示されるユニットのうち、少なくとも1種類をポリマー分子中に含むポリヒドロキシアルカノエート共

重合体、あるいは、化学式(1)ならびに化学式(2)で示されるユニットに加えて、中間原料のポリヒドロキシアルカノエート共重合体に由来する化学式(7)で表されるユニットをお残すポリヒドロキシアルカノエート共重合体へと変換できる。その場合、過酸化水素処理の反応条件を選択して、酸化の進行速度、反応量を制御することにより、前記三種の各ユニットの存在比を制御することが可能となる。

【0156】

次に、過酸化化合物として、メタクロロ過安息香酸(MCPBA)を用いる方法について述べる。

【0157】

MCPBAを用いると、フェニルスルファニル基または置換フェニルスルファニル基として存在するスルファニル基(-S-)の酸化は、化学量論的に進行するため、化学式(1)ならびに化学式(2)で示されるユニットの含有比率の制御がしやすい。また、その反応条件が温和であるため、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体主鎖骨格の切断や活性部位の架橋反応等、不要な副次反応が起こり難い。従って、本発明のポリヒドロキシアルカノエート共重合体の製造方法において、高い選択性で目的とするポリヒドロキシアルカノエート共重合体を製造する上では、メタクロロ過安息香酸(MCPBA)は、非常に好適な過酸化化合物の一つである。

【0158】

一般的な反応条件として、スルファニル基(-S-)をスルフィニル基(-SO-)まで選択的に酸化するためには、中間原料のポリヒドロキシアルカノエート共重合体(前駆体)中のスルファニル基(-S-)を含むユニットモル量、1モルに対して、MCPBAを若干過剰量、具体的には、1.1~1.4モル量の範囲に選択し、クロロホルム中、温度を0℃~30℃の範囲に選択して、反応せしめる。前記の反応条件範囲においては、反応時間を10時間程度とすると、理論値のほぼ90%、20時間程度とすると、理論値のほぼ100%まで、酸化を進行させることができる。

【0159】

また、スルファニル基(-S-)を全てスルホニル基(-SO₂-)まで酸化するため

には、中間原料のポリヒドロキシアルカノエート共重合体(前駆体)中のスルファニル基(-S-)を含むユニットモル量、1モルに対して、MCPBAを2モルより若干過剰量、具体的には、2.1~2.4モル量の範囲に選択し、前記と同様の溶媒、温度、時間条件を選択して、反応を行えばよい。

【0160】

本発明の方法により製造される、微生物產生のポリヒドロキシアルカノエート共重合体を中間原料とする、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体ポリマーには、スルフィニル構造(-SO-)及びスルホニル構造(-SO₂-)のうち、少なくとも一方を有するユニットが、そのポリマー分子中に含まれている。これらの構造は、かかるユニット末端における、分子中の電子の局在化を強力に促し、その電気的な性質は、従来のポリヒドロキシアルカノエート共重合体と比べ著しく異なっている可能性がある。また、このような電子の局在化により、溶媒に対する挙動も、従来のポリヒドロキシアルカノエート共重合体と異なるものとなる。一例を挙げると、ジメチルホルムアミド(DMF)のような極性溶媒にも溶解可能となる。また、熱的特性の制御、特にはガラス転移温度の上昇が顕著であり、広範な用途への応用が可能となる。

【0161】

また、化学式(20)に示す構造の1つであるビニルフェニル基もしくは化学式(5)で示される末端ビニル基における炭素-炭素二重結合部分についても酸化剤を用いて開裂することで、化学式(3)で示す構造の1つであるカルボキシフェニル基を有するユニットもしくは化学式(6)で示すユニットとを含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体が得られる。このように、炭素-炭素の二重結合を酸化剤を用いて、酸化開裂してカルボン酸を得る方法としては、

録 17. 過マンガン酸塩を用いる方法(非特許文献17: J. Chem. Soc., Perkin Trans. 1, 806(1973))、重クロム酸塩を用いる方法(非特許文献18: Org. Synth., 4, 698(1963))、過ヨウ素酸塩を用いる方法(非特許文献19: J. Org. Chem., 46, 19(1981))硝酸を用いる方法(特許文献12: 特開昭59-190945号広報)、オゾンを用いる方法(非特許文献20: J. Am. Chem. Soc., 81, 4273(1959))等が知られており、更には、ポリヒドロキシアルカノエートに関しては、前述の

非特許文献15(Macromolecular chemistry, 4, 289-293(2001))に、ポリヒドロキシアルカノエートの側鎖末端の炭素-炭素二重結合を酸化剤として過マンガン酸カリウムを用い、反応を酸性条件下で行うことで、カルボン酸を得る方法が報告されている。本発明においても同様の方法を用いることができる。

【0162】

酸化剤として用いる前記過マンガン酸塩としては、過マンガン酸カリウムが一般的である。過マンガン酸塩の使用量は、酸化開裂反応が化学量論的反応であるため、化学式(20)で示す構造の1つであるビニルフェニル基を含むユニットもしくは化学式(5)で示すユニット1モルに対して、通常1モル当量以上、好ましくは、2～4モル当量使用するのがよい。

【0163】

反応系を酸性条件下にするためには通常、硫酸、塩酸、酢酸、硝酸などの各種の無機酸や有機酸が用いられる。しかしながら、硫酸、硝酸、塩酸などの酸を用いた場合、ポリヒドロキシアルカノエートの主鎖のエステル結合が切断され、分子量低下を引き起こす恐れがある。そのため酢酸を用いることが好ましい。酸の使用量は、化学式(20)で示す構造の1つであるビニルフェニル基を含むユニットもしくは化学式(5)で示すユニット1モルに対して、通常、0.2～200モル当量、好ましくは0.4～100モル当量の範囲で用いられる。0.2モル当量に満たない場合には低収率となり、200モル当量を越える場合には酸による分解物が副生するため、いずれの場合も好ましくない。また、反応を促進する目的でクラウン-エーテルを用いることができる。この場合、クラウン-エーテルと過マンガン酸塩とは、錯体を形成し、反応活性が増大する効果が得られる。クラウン-エーテルとしては、ジベンゾ-18-クラウン-6-エーテル、ジシクロ-18-クラウン-6-エーテル、18-クラウン-6-エーテルが一般的に用いられる。クラウン-エーテルの使用量は、過マンガン塩1モルに対して、通常1.0～2.0モル当量、好ましくは、1.0～1.5モル当量の範囲で用いることが望ましい。

【0164】

また、本発明の酸化開裂反応における溶媒としては、反応に不活性な溶媒であれば特に限定されず、たとえば、水、アセトン；テトラヒドロフラン、ジオキサ

ン等のエーテル類；ベンゼン、トルエン、キシレン等の芳香族炭化水素類；ヘキサン、ヘプタン等の脂肪族炭化水素類；メチルクロリド、ジクロロメタン、クロロホルム等のハロゲン化炭化水素類等を使用できる。これらの溶媒のなかでも、ポリヒドロキシアルカノエートの溶解性を考慮すれば、メチルクロリド、ジクロロメタン、クロロホルム等のハロゲン化炭化水素類が好ましい。

【0165】

本発明の前記酸化(開裂)反応において、化学式(7)で示すユニットと化学式(20)で示すユニットもしくは化学式(4)で示すユニットもしくは化学式(5)で示すユニットとを含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体と、過マンガン酸塩及び酸は一括して最初から溶媒とともに仕込んで反応させてもよく、それぞれを連続的若しくは断続的に系内に加えながら反応させてもよい。また、過マンガン酸塩のみを先に溶媒に溶解若しくは懸濁させておき続いて、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体及び酸を連続的若しくは断続的に系内に加えて反応させてもよく、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体のみを先に溶媒に溶解若しくは懸濁させておき、続いて過マンガン酸塩及び酸を連続的若しくは断続的に系内に加えて反応させてもよい。さらには、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体及び酸を先に仕込んでおき続いて過マンガン酸塩を連続的若しくは断続的に系内に加えて反応させてもよく、過マンガン酸塩及び酸を先に仕込んでおき続いてポリヒドロキシアルカノエート共重合体を連続的若しくは断続的に系内に加えて反応させてもよく、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体及び過マンガン酸塩を先に仕込んでおき続いて酸を連続的若しくは断続的に系内に加えて反応させてもよい。

【0166】

反応温度は、通常-20～40℃、好ましくは0～30℃とするのがよい。反応時間は、化学式(16)で示すユニットと過マンガン酸塩の量論比及び反応温度に依存するが、通常2～48時間とするのがよい。

【0167】

化学式(20)に示す構造の1つであるビニルフェニル基もしくは化学式(5)で示される末端ビニル基における炭素-炭素二重結合部分の酸化剤処理により、化学式(7)で示されるユニットを含む前駆体ポリヒドロキシアルカノエート共重合体

から、化学式(1)ならびに化学式(2)で示されるユニットのうち、少なくとも1種類をポリマー分子中に含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体、あるいは、化学式(1)ならびに化学式(2)で示されるユニットに加えて、中間原料のポリヒドロキシアルカノエート共重合体に由来する化学式(7)で表されるユニットをなお残すポリヒドロキシアルカノエート共重合体への同時変換が可能である。

【0168】

【実施例】

以下に、実施例を挙げて、本発明をより具体的に説明する。なお、これらの実施例は、本発明にかかる最良の実施形態の一例ではあるものの、本発明は、これら実施例の形態によって、限定されるものではない。

【0169】

【実施例1】

ポリペプトン(日本製薬株式会社製)0.5%、5-(フェニルスルファニル)吉草酸0.1%、5-フェニル吉草酸1.0mmolを含むM9培地を、500ml容の振盪フラスコ8本に200mlずつ入れて高温高圧殺菌して冷却した後、シードモナス・チコリアイ・YN2株を植菌し、30℃、125ストローク/分で振盪培養した。44時間後、菌体を遠心分離により回収し、冷メタノールにて一度洗浄して真空乾燥した。

【0170】

この乾燥菌体ペレットをクロロホルム100mlに懸濁し、35℃で16時間攪拌してPHAを抽出した。抽出液を孔径0.45μmのメンブラン・フィルターで濾過した後、ロータリーエバポレーターで濃縮した。この濃縮液を冷メタノール中に加えて、PHAを再沈殿させ、沈殿物のみを回収し真空乾燥した。得られたPHAを秤量した結果、929mgであった。

【0171】

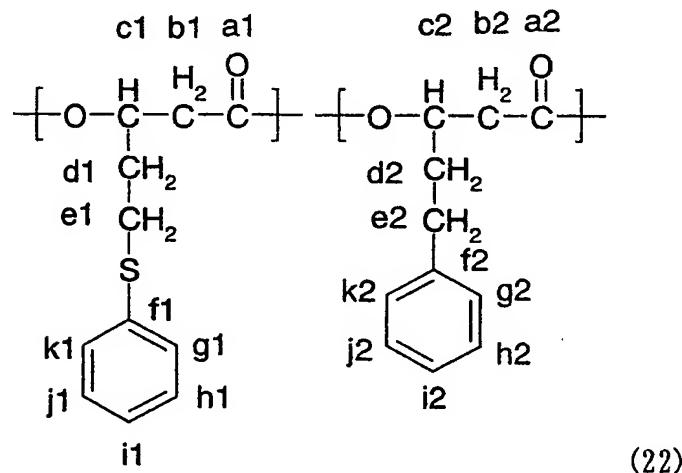
得られたPHAの平均分子量は、ゲル・パーミエーション・クロマトグラフィー(GPC; 東ソーHLC-8220、カラム; 東ソー TSK-GEL Super HM-H、溶媒; クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。その結果、数平均分子量 Mn=141200、重量平均分子量 Mw=393800であった。

【0172】

得られたポリマーの構造決定を、¹H-NMR (FT-NMR: Bruker DPX400; ¹H共鳴周波数: 400MHz; 測定核種: ¹H; 使用溶媒: CDCl₃; reference: キャピラリ封入TMS/CDCl₃; 測定温度: 室温) によって行った。その¹H-NMRスペクトルを図1に、また同定結果を表1に示す。その結果、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸73mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸21mol%、その他(炭素数4~12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計6mol%を含む化学式(22)に示すポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0173】

【化97】



【0174】

【表1】

表1

Chemical shift (ppm)	分裂	同定結果
1.88	br	d1,d2
2.39~2.57	m	b1,b2,e2
2.78~2.88	m	e1
5.18~5.27	m	c1,c2
7.13	m	i1,g2,i2,k2
7.24	m	g1,h1,j1,k1,h2,j2

【0175】

[実施例2]

モノマーユニットとして、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸73mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸21mol%、その他(炭素数4～12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計6mol%を含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体851mgを300ml容ナスフラスコ中に加え、ジクロロメタン60mlを加えて溶解した。これを氷浴下に置き、酢酸9ml、18-クラウン-6-エーテル2537mgを加えて攪拌した。次に氷浴下で過マンガン酸カリウム2020mgをゆっくり加えて、室温で20時間攪拌した。反応終了後、水50ml及び亜硫酸水素ナトリウム6030mgを加えた。その後、1.0mol/L(1.0N)塩酸により液性をpH1にした。混合溶液中のジクロロメタンをエバポレーターにより留去した後、溶液中のポリマーを回収した。これをメタノール100mlで洗浄し、更に純水100mlで3回洗浄した後、ポリマーを回収した。減圧乾燥することで目的とするPHAを得た。

【0176】

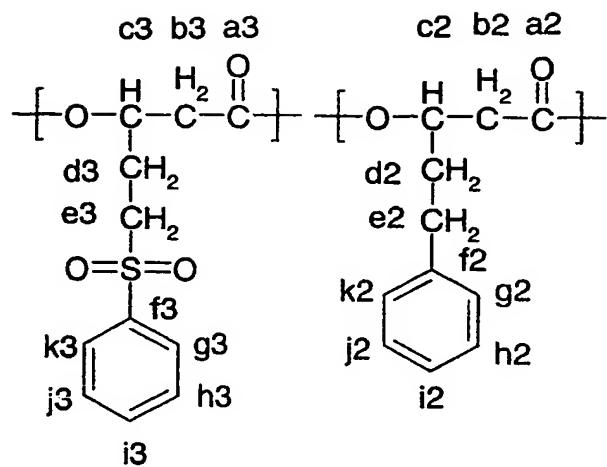
得られたPHAの平均分子量は、ゲル・パーミエーション・クロマトグラフイー(GPC; 東ソーHLC-8220、カラム; 東ソー TSK-GEL Super HM-H、溶媒; クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。その結果、数平均分子量 Mn=42800、重量平均分子量 Mw=112200であった。

【0177】

得られたPHAの構造を特定するため、¹H-NMR(FT-NMR: Bruker DPX400; ¹H共鳴周波数: 400MHz; 測定核種: ¹H; 使用溶媒: CDCl₃; reference: キャピラリ封入TMS/CDCl₃; 測定温度: 室温)によって行った。その¹H-NMRスペクトルを図2に、また同定結果を表2に示す。その結果、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルホニル)吉草酸71mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸23mol%、その他(炭素数4～12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計6mol%を含む化学式(23)に示すポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0178】

【化98】



(23)

【0179】

【表2】

表2

Chemical shift (ppm)	分裂	同定結果
1.88	br	d2
2.00	br	d3
2.54	br	b2,e2,b3
3.15	br	e3
5.18	br	c2,c3
7.13	m	g2,i2,k2
7.24	m	h2,j2
7.51	br	h3,j3
7.58	m	i3
7.86	m	g3,k3

【0180】

【実施例3】

ポリペプトン(日本製薬株式会社製)0.5%、5-(フェニルスルファニル)吉草酸0.1%、5-フェニル吉草酸1.5mmolを含むM9培地を、500ml容の振盪フラスコ8本に200mlずつ入れて高温高圧殺菌して冷却した後、シュードモナス・チコリアイ・YN2株を植菌し、30℃、125ストローク/分で振盪培養した。39時間後

、菌体を遠心分離により回収し、冷メタノールにて一度洗浄して真空乾燥した。

【0181】

この乾燥菌体ペレットをクロロホルム100mlに懸濁し、35℃で97時間攪拌してP H Aを抽出した。抽出液を孔径0.45μmのメンブラン・フィルターで濾過した後、ロータリーエバポレーターで濃縮した。この濃縮液を冷メタノール中に加えて、P H Aを再沈殿させ、沈殿物のみを回収し真空乾燥した。得られたP H Aを秤量した結果、1081mgであった。

【0182】

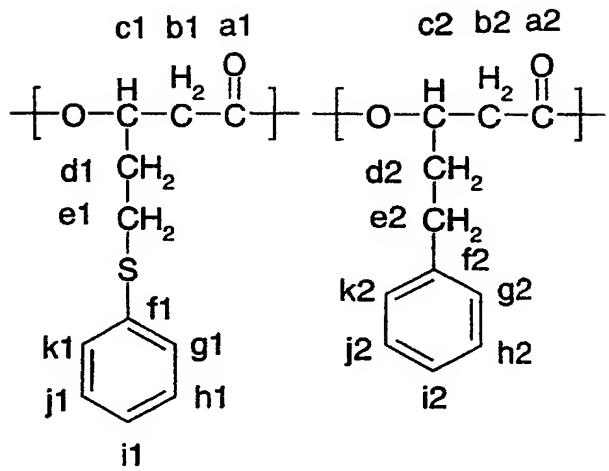
得られたP H Aの平均分子量は、ゲル・パーミエーション・クロマトグラフィー(G P C；東ソーH L C-8220、カラム；東ソー T S K-G E L S uper H M-H、溶媒；クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。その結果、数平均分子量 Mn=232200、重量平均分子量 M w=554000 であった。

【0183】

得られたポリマーの構造決定を、¹H-N M R(F T-N M R:Bruker D P X400; ¹H共鳴周波数:400MHz; 測定核種:¹H; 使用溶媒:CDCl₃; reference:キヤピラリ封入T M S/CDCl₃; 測定温度:室温)によって行った。その¹H-N M Rスペクトルを図3に示す。その結果、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸66mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸29mol%、その他(炭素数4~12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計5mol%を含む化学式(24)に示すポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0184】

【化99】



(24)

【0185】

[実施例4]

モノマーユニットとして、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸66mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸29mol%、その他(炭素数4～12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計5mol%を含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体850mgを300ml容ナスフラスコ中に加え、ジクロロメタン60mlを加えて溶解した。これを氷浴下に置き、酢酸9ml、18-クラウン-6-エーテル2306mgを加えて攪拌した。次に氷浴下で過マンガン酸カリウム1839mgをゆっくり加えて、室温で20時間攪拌した。反応終了後、水50ml及び亜硫酸水素ナトリウム3000mgを加えた。その後、1.0mol/L(1.0N)塩酸により液性をpH1にした。混合溶液中のジクロロメタンをエバボレーターにより留去した後、溶液中のポリマーを回収した。これをメタノール100mlで洗浄し、更に純水100mlで3回洗浄した後、ポリマーを回収した。ここで得られたポリマーは、クロロホルムを用いて透析を行い精製した。精製後、減圧乾燥することで目的とするポリヒドロキシアルカノエートを929mg得た。

【0186】

得られたポリヒドロキシアルカノエートの平均分子量は、ゲル・パーミエーシ

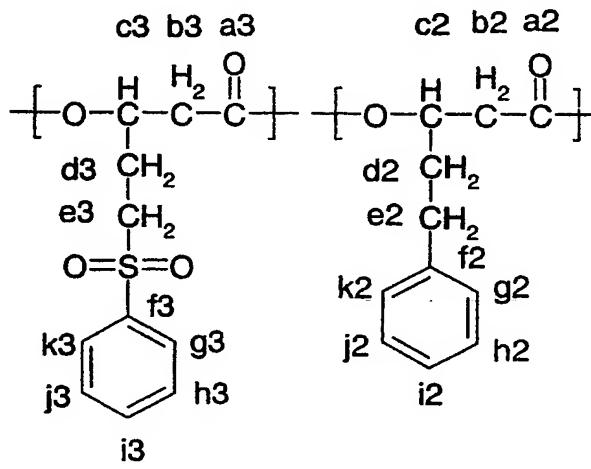
ヨン・クロマトグラフィー(GPC; 東ソーHLC-8220、カラム; 東ソー TS K-GEL Super HM-H、溶媒; クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。その結果、数平均分子量 $M_n = 73400$ 、重量平均分子量 $M_w = 19500$ であった。

【0187】

得られたポリヒドロキシアルカノエートの構造を特定するため、 $^1\text{H-NMR}$ ($^1\text{H-NMR}$: Bruker DPX400; ^1H 共鳴周波数: 400MHz; 測定核種: ^1H ; 使
用溶媒: CDCl_3 ; reference: キャピラリ封入TMS/ CDCl_3 ; 測定温度: 室温) によって行った。その $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを図4に示す。その結果、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルホニル)吉草酸66mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸30mol%、その他(炭素数4~12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計4mol%を含む化学式(25)に示すポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0188】

【化100】



(25)

【0189】

[実施例5]

ポリペプトン(日本製薬株式会社製)0.5%、5-(フェニルスルファニル)吉草酸0.1%、5-フェニル吉草酸2.0mmolを含むM9培地を、500ml容の振盪フラス

コ8本に200mlずつ入れて高温高圧殺菌して冷却した後、シュードモナス・チコリアイ・Y.N 2株を植菌し、30℃、125ストローク/分で振盪培養した。39時間後、菌体を遠心分離により回収し、冷メタノールにて一度洗浄して真空乾燥した。

【0190】

この乾燥菌体ペレットをクロロホルム100mlに懸濁し、35℃で97時間攪拌してPHAを抽出した。抽出液を孔径0.45μmのメンブラン・フィルターで濾過した後、ロータリーエバポレーターで濃縮した。この濃縮液を冷メタノール中に加えて、PHAを再沈澱させ、沈澱物のみを回収し真空乾燥した。得られたPHAを秤量した結果、1174mgであった。

【0191】

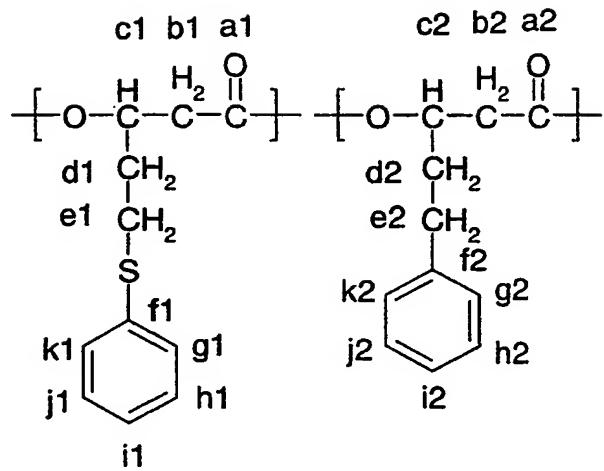
得られたPHAの平均分子量は、ゲル・パーミエーション・クロマトグラフィー(GPC; 東ソーHLC-8220、カラム; 東ソー TSK-GEL Super HM-H、溶媒; クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。その結果、数平均分子量 Mn=242500、重量平均分子量 Mw=615500であった。

【0192】

得られたポリマーの構造決定を、¹H-NMR(FT-NMR: Bruker DPX400; ¹H共鳴周波数: 400MHz; 測定核種: ¹H; 使用溶媒: CDCl₃; reference: キャピラリ封入TMS/CDCl₃; 測定温度: 室温)によって行った。その¹H-NMRスペクトルを図5に示す。その結果、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸60mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸34mol%、その他(炭素数4~12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計6mol%を含む化学式(26)に示すポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0193】

【化101】



(26)

【0194】

[実施例6]

モノマーユニットとして、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸60mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸34mol%、その他(炭素数4～12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計6mol%を含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体850mgを300ml容ナスフラスコ中に加え、ジクロロメタン60mlを加えて溶解した。これを氷浴下に置き、酢酸9ml、18-クラウン-6-エーテル2127mgを加えて攪拌した。次に氷浴下で過マンガン酸カリウム1696mgをゆっくり加えて、室温で20時間攪拌した。反応終了後、水50ml及び亜硫酸水素ナトリウム3000mgを加えた。その後、1.0mol/L(1.0N)塩酸により液性をpH1にした。混合溶液中のジクロロメタンをエバボレーターにより留去した後、溶液中のポリマーを回収した。これをメタノール100mlで洗浄し、更に純水100mlで3回洗浄した後、ポリマーを回収した。ここで得られたポリマーは、クロロホルムを用いて透析を行い精製した。精製後、減圧乾燥することで目的とするポリヒドロキシアルカノエートを951mg得た。

【0195】

得られたポリヒドロキシアルカノエートの平均分子量は、ゲル・パーミエーシ

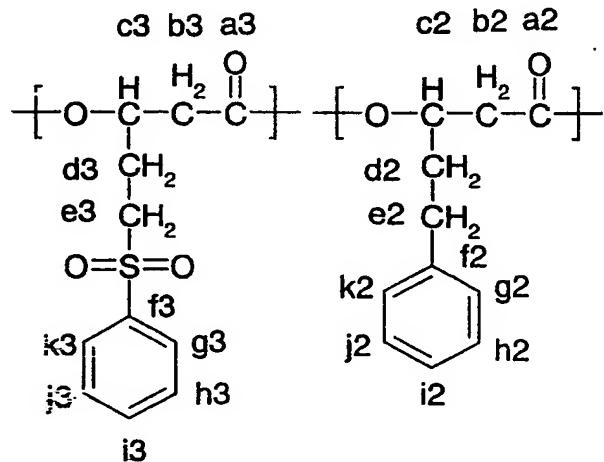
ヨン・クロマトグラフィー(GPC; 東ソーHLC-8220、カラム; 東ソー TS K-GEL Super HM-H、溶媒; クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。その結果、数平均分子量 $M_n = 73400$ 、重量平均分子量 $M_w = 194000$ であった。

【0196】

得られたポリヒドロキシアルカノエートの構造を特定するため、 $^1\text{H-NMR}$ ($^1\text{H-NMR}$: Bruker DPX400; ^1H 共鳴周波数: 400MHz; 測定核種: ^1H ; 使
用溶媒: CDCl_3 ; reference: キャピラリ封入TMS/ CDCl_3 ; 測定温度: 室温) によって行った。その $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを図6に示す。その結果、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルホニル)吉草酸66mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸30mol%、その他(炭素数4~12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計4mol%を含む化学式(27)に示すポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0197】

【化102】



(27)

【0198】

【実施例7】

ポリペプトン(日本製薬株式会社製)0.5%、5-(フェニルスルファニル)吉草酸0.1%、5-フェニル吉草酸6.0mmolを含むM9培地を、500ml容の振盪フラス

コ8本に200mlずつ入れて高温高圧殺菌して冷却した後、シュードモナス・チコリアイ・YN2株を植菌し、30℃、125ストローク/分で振盪培養した。47時間後、菌体を遠心分離により回収し、冷メタノールにて一度洗浄して真空乾燥した。

【0199】

この乾燥菌体ペレットをクロロホルム100mlに懸濁し、35℃で97時間攪拌してPHAを抽出した。抽出液を孔径0.45μmのメンブラン・フィルターで濾過した後、ロータリーエバポレーターで濃縮した。この濃縮液を冷メタノール中に加えて、PHAを再沈澱させ、沈澱物のみを回収し真空乾燥した。得られたPHAを秤量した結果、633mgであった。

【0200】

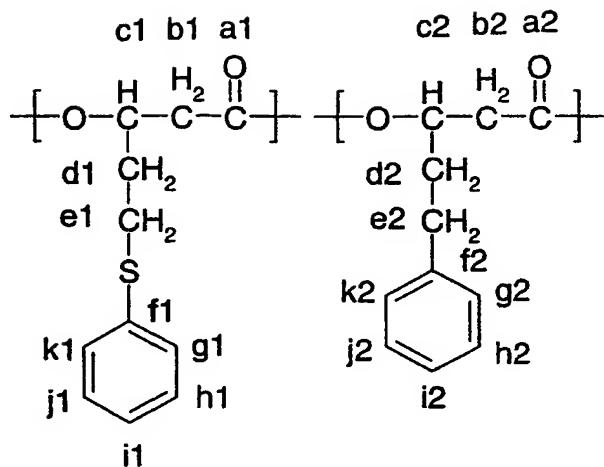
得られたPHAの平均分子量は、ゲル・パーミエーション・クロマトグラフィー(GPC; 東ソーHLC-8220、カラム; 東ソー TSK-GEL Super HM-H、溶媒; クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。その結果、数平均分子量 Mn=84000、重量平均分子量 Mw=248800であった。

【0201】

得られたポリマーの構造決定を、¹H-NMR(FT-NMR: Bruker DPX400; ¹H共鳴周波数: 400MHz; 測定核種: ¹H; 使用溶媒: CDCl₃; reference: キャピラリ封入TMS/CDCl₃; 測定温度: 室温)によって行った。その¹H-NMRスペクトルを図7に示す。その結果、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸38mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸60mol%、その他(炭素数4~12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計2mol%を含む化学式(28)に示すポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0202】

【化103】



(28)

【0203】

[実施例8]

モノマーユニットとして、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルファニル)吉草酸3 8mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸60mol%、その他(炭素数4~12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計3 mol%を含むポリヒドロキシアルカノエート共重合体505mgを300ml容ナスフラスコ中に加え、ジクロロメタン30mlを加えて溶解した。これを氷浴下に置き、酢酸4ml、18-クラウン-6-エーテル779mgを加えて攪拌した。次に氷浴下で過マンガン酸カリウム618mgをゆっくり加えて、室温で20時間攪拌した。反応終了後、水50ml及び亜硫酸水素ナトリウム1500mgを加えた。その後、1.0mol/L(1.0N)塩酸により液性をpH 1にした。混合溶液中のジクロロメタンをエバボレーターにより留去した後、溶液中のポリマーを回収した。これをメタノール100mlで洗浄し、更に純水100mlで3回洗浄した後、ポリマーを回収した。ここで得られたポリマーは、クロロホルムを用いて透析を行い精製した。精製後、減圧乾燥することで目的とするポリヒドロキシアルカノエートを550mg得た。

【0204】

得られたポリヒドロキシアルカノエートの平均分子量は、ゲル・パーミエーシ

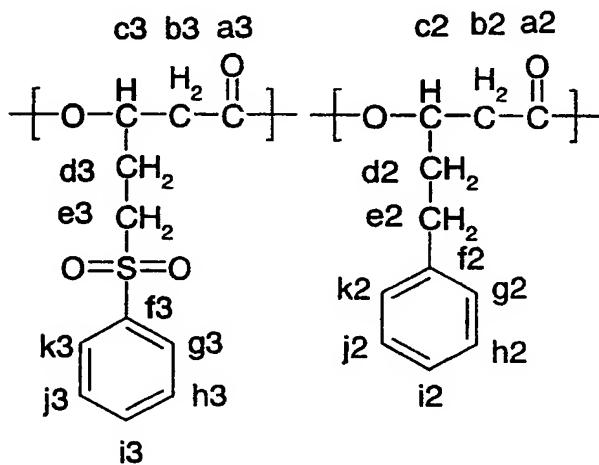
ヨン・クロマトグラフィー(GPC; 東ソーHLC-8220、カラム; 東ソー TS K-GEL Super HM-H、溶媒; クロロホルム、ポリスチレン換算)により評価した。その結果、数平均分子量 $M_n = 36200$ 、重量平均分子量 $M_w = 82500$ であった。

【0205】

得られたポリヒドロキシアルカノエートの構造を特定するため、 $^1\text{H-NMR}$ (FT-NMR : Bruker DPX400; ^1H 共鳴周波数: 400MHz; 測定核種: ^1H ; 使
用溶媒: CDCl_3 ; reference: キャピラリ封入TMS/ CDCl_3 ; 測定温度: 室温) によって行った。その $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを図8に示す。その結果、3-ヒドロキシ-5-(フェニルスルホニル)吉草酸37mol%、3-ヒドロキシ-5-フェニル吉草酸62mol%、その他(炭素数4~12の直鎖3-ヒドロキシアルカン酸及び炭素数10若しくは12の3-ヒドロキシアルカ-5-エン酸)合計1mol%を含む化学式(29)に示すポリヒドロキシアルカノエート共重合体であることが確認された。

【0206】

【化104】



(29)

【0207】

【発明の効果】

本発明により、側鎖末端にフェニルスルファニル及び/あるいはフェニルスルフィニル構造を有するモノマーユニットと側鎖にフェニル構造、チエニル構造、

シクロヘキシル構造といった直鎖アルキル基以外の置換基を有するモノマーユニットあるいはビニル基及び/あるいはカルボキシル基を有するモノマーユニットを導入したポリヒドロキシアルカノエート共重合体とその製造方法が提供される。

【0208】

本発明により、ポリヒドロキシアルカノエート共重合体の熱的特性の向上と溶媒への溶解性の制御が可能となり、本発明は、産業上、多大な貢献をなすものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施例1で製造されたポリヒドロキシアルカノエート共重合体の¹H-NMRスペクトルチャートを示す。

【図2】

本発明の実施例2で製造されたポリヒドロキシアルカノエート共重合体の¹H-NMRスペクトルチャートを示す。

【図3】

本発明の実施例3で製造されたポリヒドロキシアルカノエート共重合体の¹H-NMRスペクトルチャートを示す。

【図4】

本発明の実施例4で製造されたポリヒドロキシアルカノエート共重合体の¹H-NMRスペクトルチャートを示す。

【図5】

本発明の実施例5で製造されたポリヒドロキシアルカノエート共重合体の¹H-NMRスペクトルチャートを示す。

【図6】

本発明の実施例6で製造されたポリヒドロキシアルカノエート共重合体の¹H-NMRスペクトルチャートを示す。

【図7】

本発明の実施例7で製造されたポリヒドロキシアルカノエート共重合体の¹H-

NMRスペクトルチャートを示す。

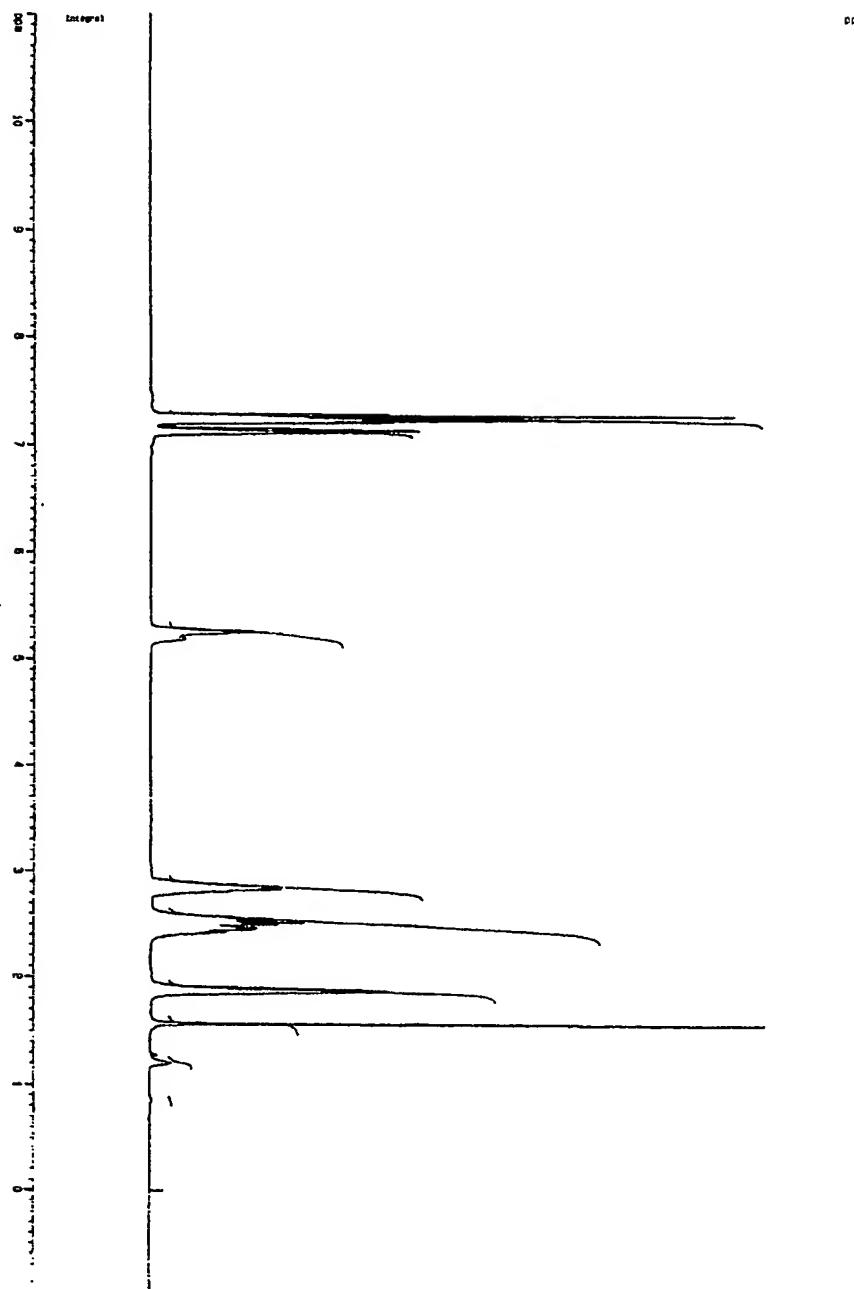
【図8】

本発明の実施例8で製造されたポリヒドロキシアルカノエート共重合体の¹H-NMRスペクトルチャートを示す。

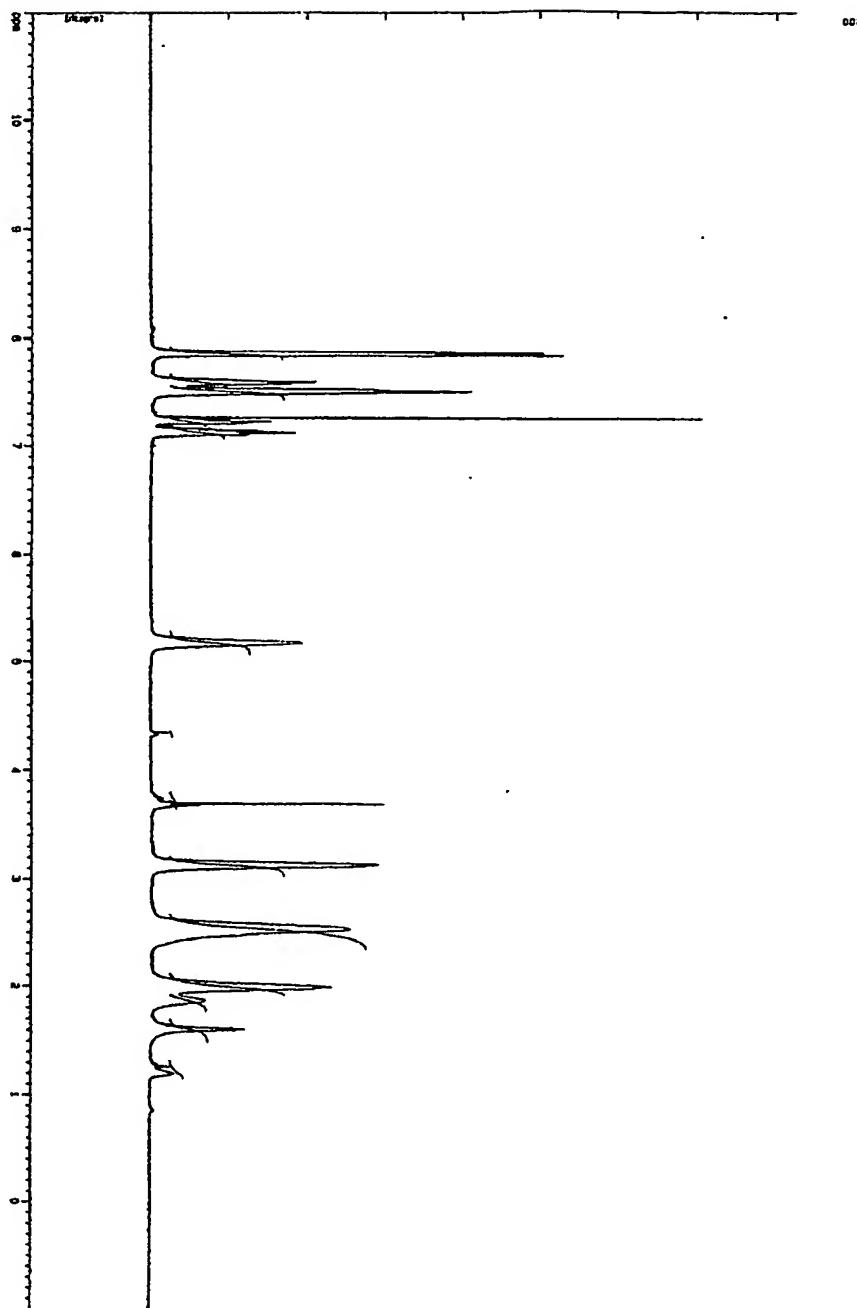
【書類名】

図面

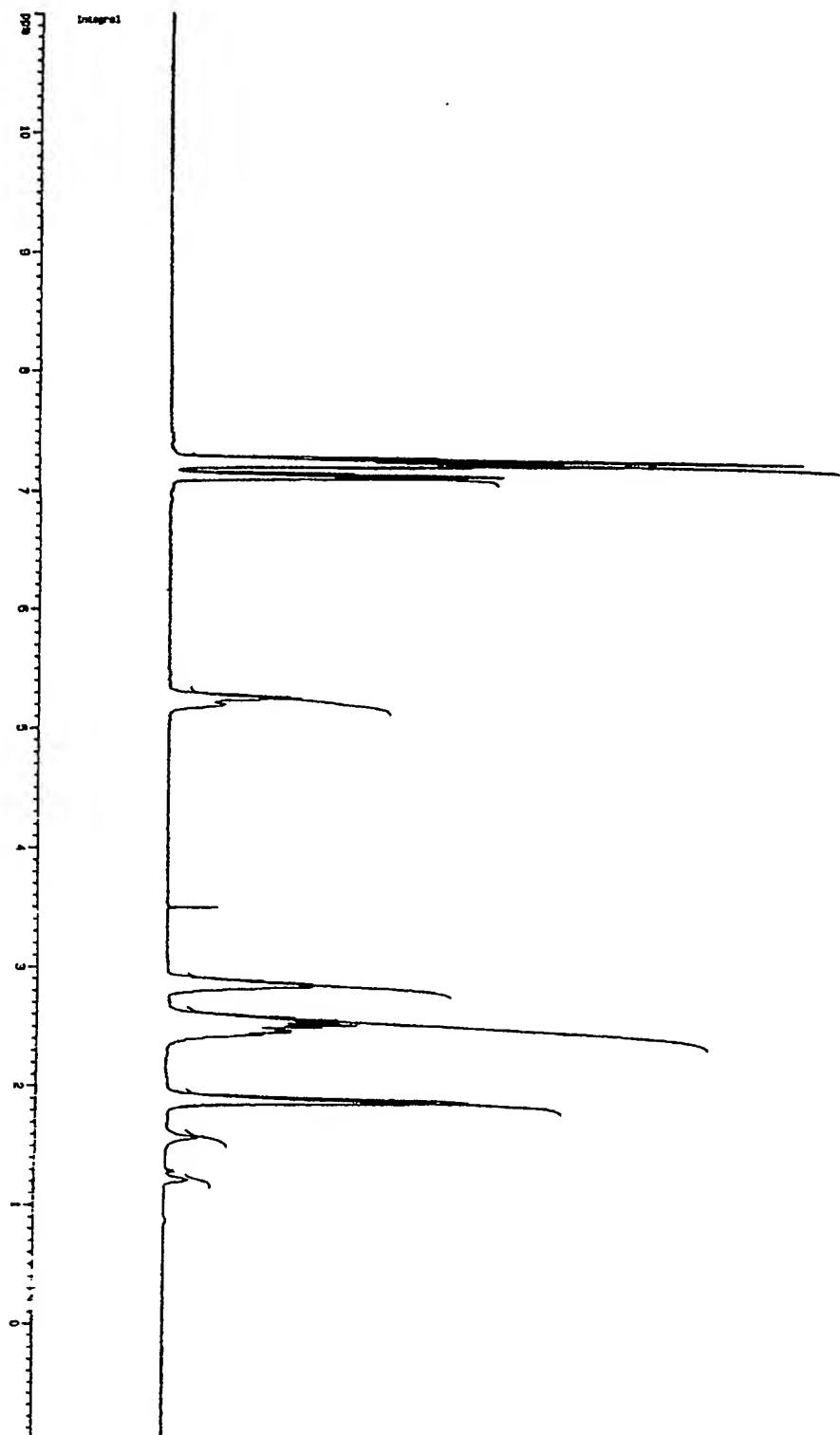
【図 1】



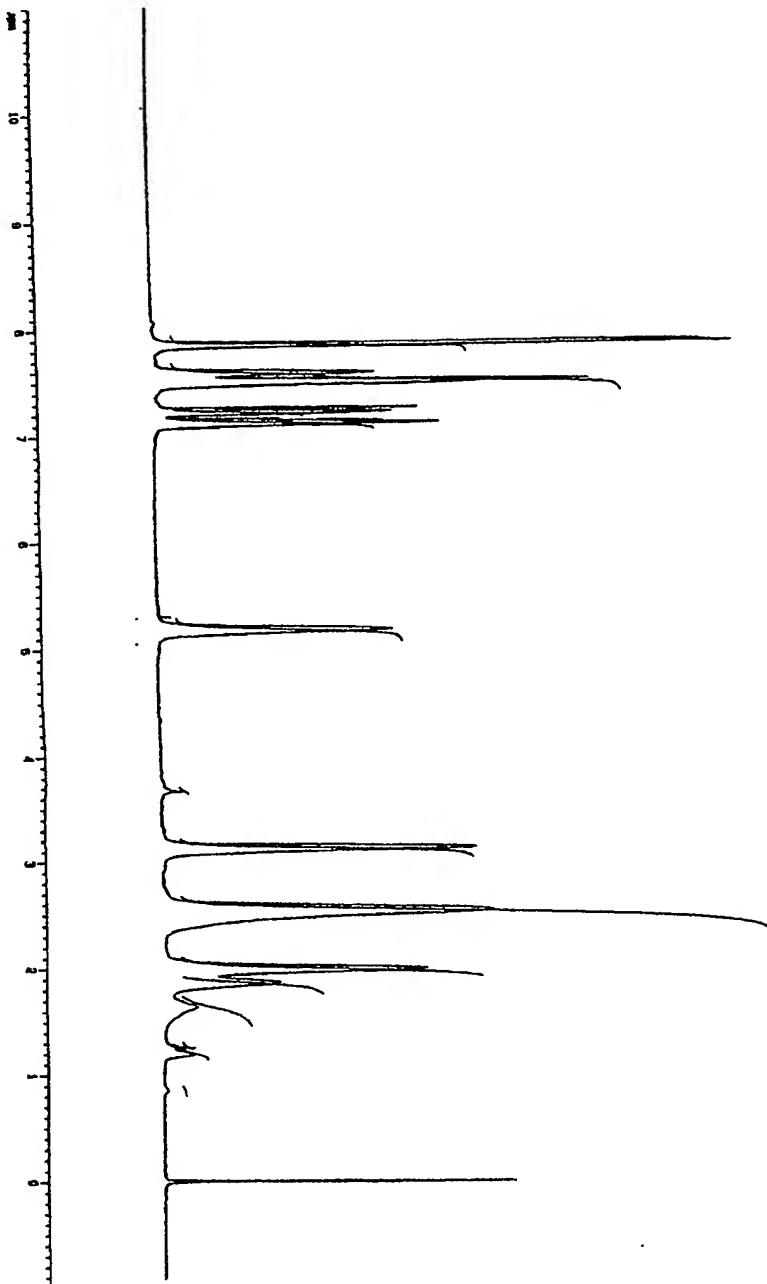
【図2】



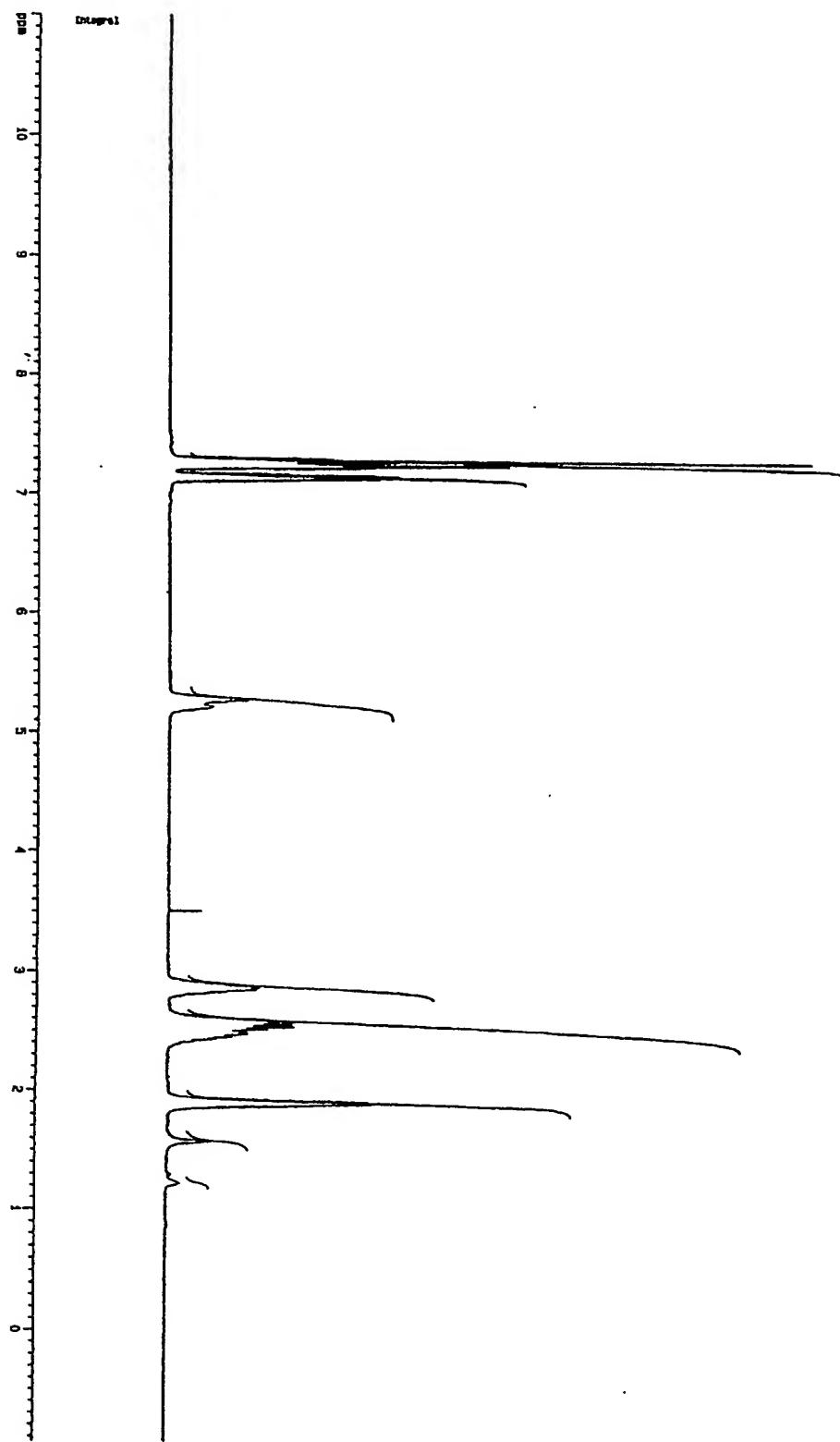
【図3】



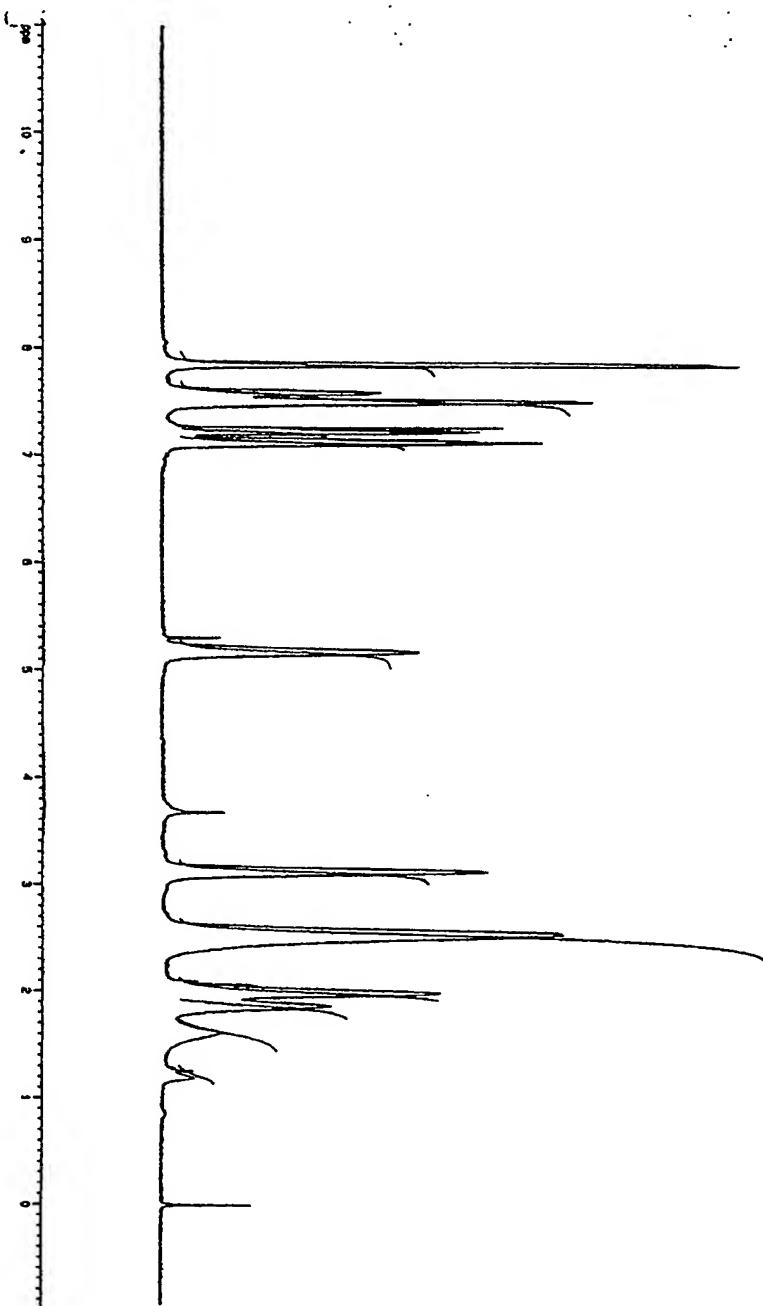
【図4】



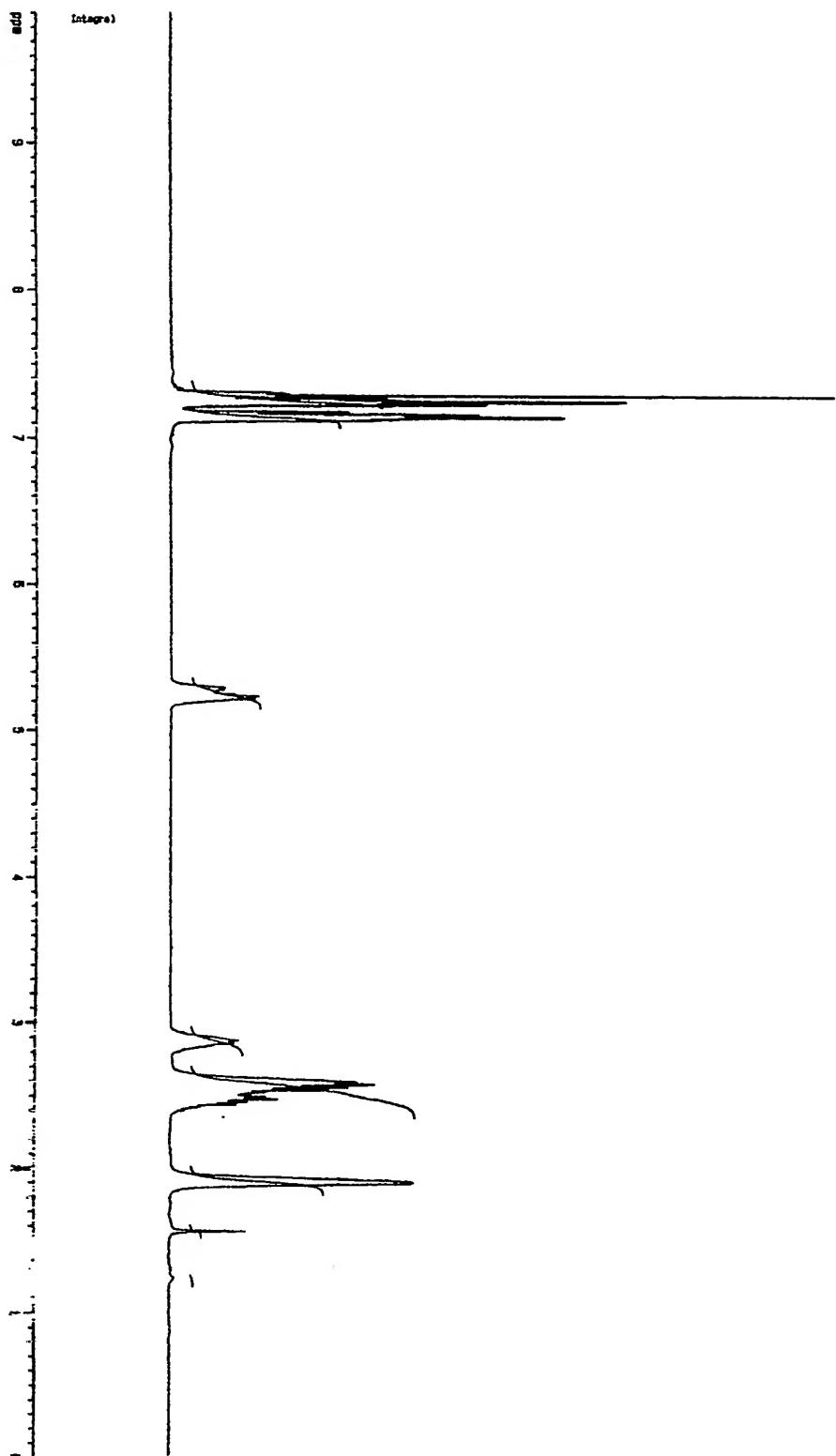
【図 5】



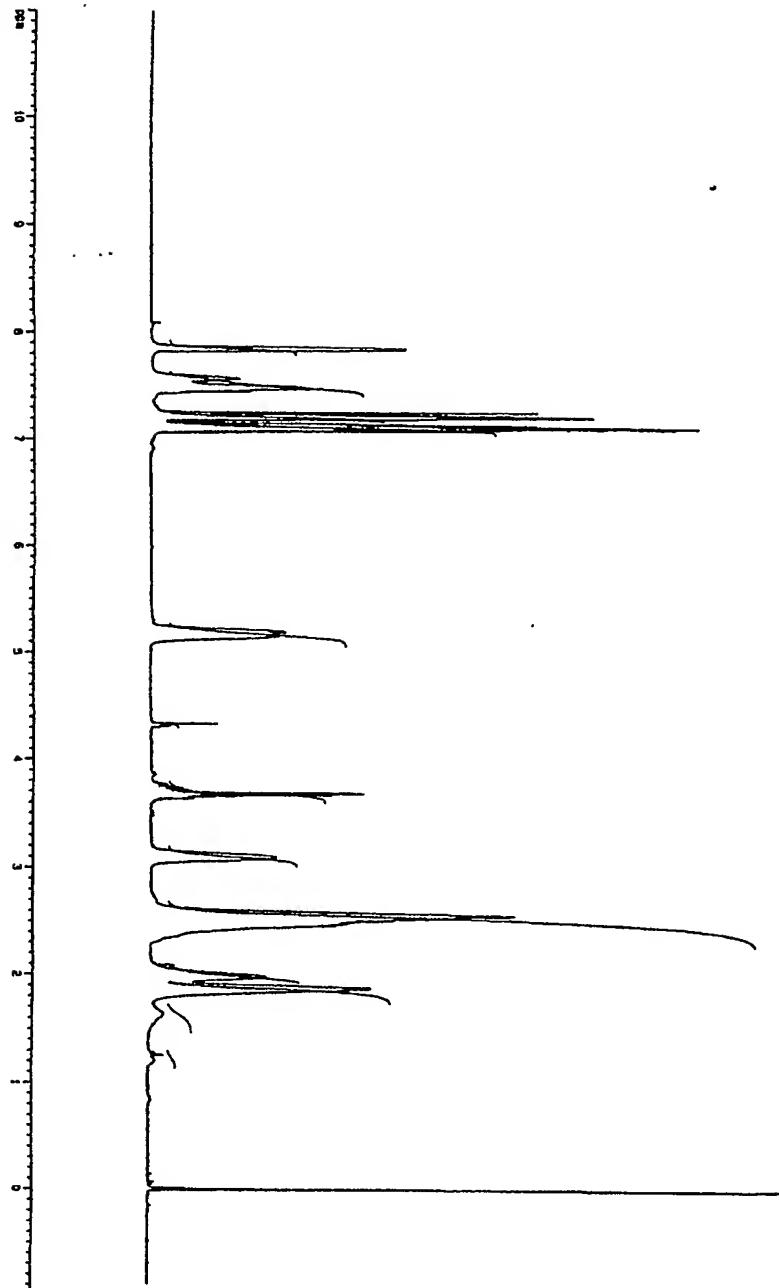
【図 6】



【図 7】



【図 8】



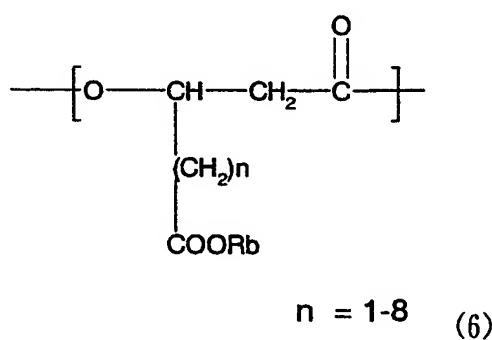
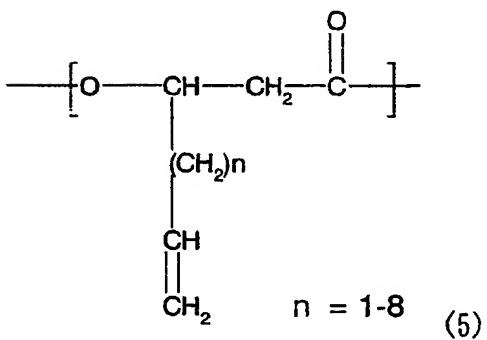
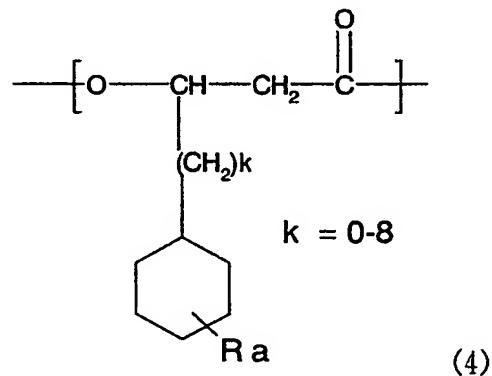
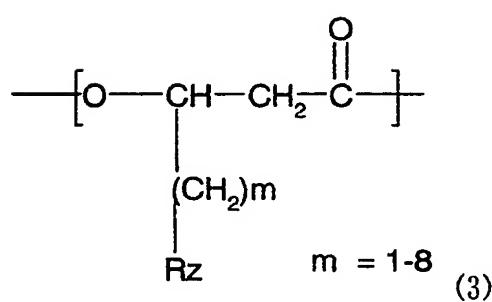
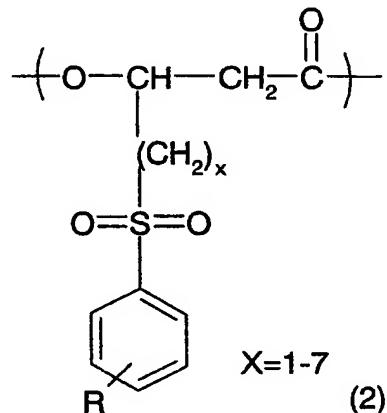
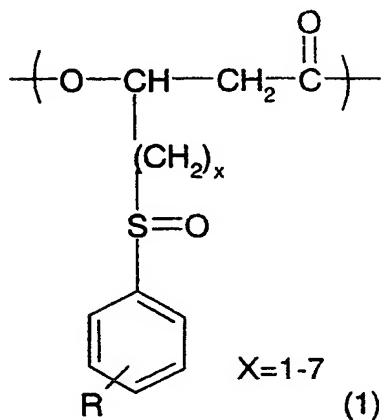
【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 PHAのモナーエニット比、熱的特性、溶媒への溶解性の制御を可能にする。

【解決手段】 (1) (2) に属するエニットと、(3)～(6) に属するエニットとの双方を分子中に含むPHA共重合体、並びにその製造方法。

【化1】

(R: H、ハロゲン、CN、NO₂、COOR'、SO₂R'' (R': H、Na、K、CH₃ or C₂H₅ ; R'': OH、ONa、OK、ハロゲン、

0CH₃、orOC₂H₅)、CH₃、C₂H₅、C₃H₇、(CH₃)₂-CH- or (CH₃)₃-C-；

R₂：フェニル構造 or チエニル 構造を有する残基を含み；

R_a：H-、CN-、NO₂-、ハロゲン、CH₃、C₂H₅、C₃H₇、CF₃、C₂F₅ or C₃F₇；

R_b：H-、Na or K；

X, m, k, nは各化学式中の範囲内の整数；

いずれの記号も複数ユニット存在時にはユニット毎に独立。)

【選択図】 なし

認定・付加情報

特許出願の番号 特願2003-092235
受付番号 50300520580
書類名 特許願
担当官 第六担当上席 0095
作成日 平成15年 4月 2日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 000001007
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
申請人

【代理人】

【識別番号】 100088328
【住所又は居所】 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル8階
【氏名又は名称】 金田暢之

【選任した代理人】

【識別番号】 100106297
【住所又は居所】 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル8階 若林国際特許事務所
【氏名又は名称】 伊藤克博

【選任した代理人】

【識別番号】 100106138
【住所又は居所】 東京都港区赤坂1丁目9番20号 第16興和ビル8階
【氏名又は名称】 石橋政幸

次頁無

特願 2003-092235

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏名 キヤノン株式会社